

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 1 月 22 日 (22.01.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/008239 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G02F 1/17, G09F 9/00, 9/37  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009025  
(22) 国際出願日: 2003 年 7 月 16 日 (16.07.2003)  
(25) 国際出願の言語: 日本語  
(26) 国際公開の言語: 日本語  
(30) 優先権データ:  
特願2002-207795 2002 年 7 月 17 日 (17.07.2002) JP  
特願2002-208567 2002 年 7 月 17 日 (17.07.2002) JP  
特願2002-247184 2002 年 8 月 27 日 (27.08.2002) JP  
特願2002-356278 2002 年 12 月 9 日 (09.12.2002) JP  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社  
ブリヂストン (BRIDGESTONE CORPORATION)

[JP/JP]; 〒104-8340 東京都中央区京橋1丁目10番  
1号 Tokyo (JP).

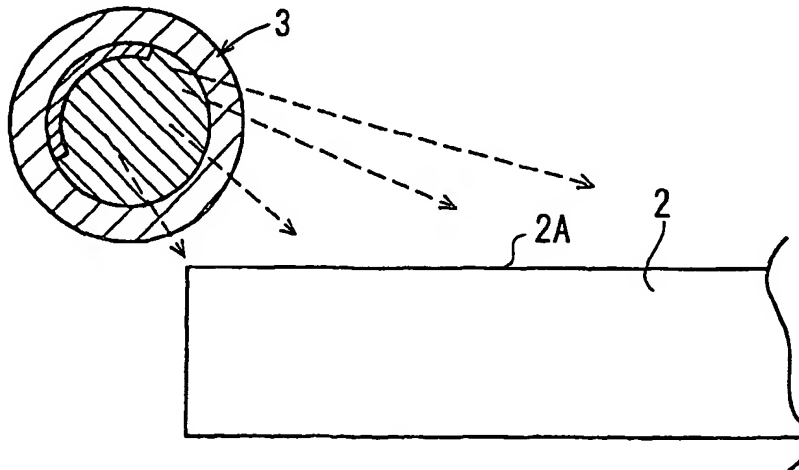
(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 櫻井 良 (SAKU-  
RAI, Ryou) [JP/JP]; 〒185-0003 東京都国分寺市戸倉  
4-5-16 Tokyo (JP). 増谷 真紀 (MASUTANI, Maki)  
[JP/JP]; 〒359-0037 埼玉県所沢市くすのき台  
3-18-2 Saitama (JP). 田澤 晴列 (TAZAWA, Hare)  
[JP/JP]; 〒187-0031 東京都小平市小川東町3-5-5  
Tokyo (JP). 北野 創 (KITANO, Hajime) [JP/JP]; 〒  
187-0031 東京都小平市小川東町3-5-5 Tokyo  
(JP). 二瓶 則夫 (NIHEI, Norio) [JP/JP]; 〒187-0031  
東京都小平市小川東町3-5-5 Tokyo (JP). 山  
崎 博貴 (YAMAZAKI, Hirotaka) [JP/JP]; 〒186-0005  
東京都国立市西2-8-36 Tokyo (JP). 増田 善

[続葉有]

(54) Title: IMAGE DISPLAY

(54) 発明の名称: 画像表示装置



(57) Abstract: An image display comprising image display means for displaying an image by moving charged particles disposed between electrodes by the voltage applied between the electrodes and illuminating means for illuminating the image display surface of the image display means with light (First Invention). Another image display comprising an image display panel where two or more kinds of particles having different colors and charge characteristics or a powder fluid is sealed in the space between two opposed substrates at least one of which is transparent and where an image is displayed by moving the particles by applying an electric field to the particles or powdery fluid from a pair of electrodes provided on one or both of the substrates, wherein a color filter is provided on the outer or inner surface of the transparent substrate of the image display panel so as to display a color image (Second Invention).

(57) 要約: 電極間の帯電性粒子群を、電極への印加電圧により移動させることにより画像を表示する画像表示手段と、画像表示手段の画像表示面に対して光を照射する照射手段と、を備えて画像表示装置を構成する (第1発明)。また、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子群あるいは粉流体を封入し、基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から粒子群あるいは粉流体に電界を与えて、粒子を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の

[続葉有]



友 (MASUDA, Yoshitomo) [JP/JP]; 〒205-0023 東京都羽村市神明台 3-5-28 Tokyo (JP). 田沼逸夫 (TANUMA, Itsuo) [JP/JP]; 〒350-0335 埼玉県狭山市柏原 3405-181 Saitama (JP).

(74) 代理人: 杉村 興作 (SUGIMURA, Kosaku); 〒100-0013 東京都千代田区霞が関3丁目2番4号霞山ビルディング Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,

SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 画像表示装置

#### 技術分野

本発明は、静電気を利用した粒子の移動に伴い、画像を繰り返し表示、消去できる画像表示板を具備する画像表示装置に関するものである。

#### 背景技術

従来より、液晶（LCD）に代わる画像表示装置として、電気泳動方式、エレクトロクロミック方式、サーマル方式、2色粒子回転方式などの技術を用いた画像表示装置が提案されている。

これら従来の技術は、LCDに比べて、通常の印刷物に近い広い視野角が得られる、消費電力が小さい、メモリ機能を有している等のメリットから、次世代の安価な画像表示装置に使用できる技術として考えられ、携帯端末用画像表示、電子ペーパー等への展開が期待されている。特に最近では、分散粒子と着色溶液からなる分散液をマイクロカプセル化し、これを対向する基板間に配置する電気泳動方式が提案され期待が寄せられている。

しかしながら、電気泳動方式では、液中を粒子が泳動するために液の粘性抵抗により応答速度が遅いという問題がある。更に、低比重の溶液中に酸化チタン等の高比重の粒子を分散させているために沈降しやすく、分散状態の安定性維持が難しく、画像繰り返し安定性に欠けるという問題を抱えている。マイクロカプセル化にしても、セルサイズをマイクロカプセルレベルにし、見かけ上、上述した欠点が現れにくくしているだけであって、本質的な問題は何ら解決されていない。

一方、溶液中での挙動を利用した電気泳動方式に対し、溶液を使わず、導電性粒子と電荷輸送層を基板の一部に組み入れた方式も提案され始めている（例えば

、趙 国来、外 3 名、“新しいトナーディスプレイデバイス (I)”、1999 年 7 月 21 日、日本画像学会年次大会 (通算 83 回) “Japan Hardcopy'99”、p. 249-252)。しかし、電荷輸送層、更には電荷発生層を配置するために構造が複雑になると共に、導電性粒子に電荷を一定に注入することは難しく、安定性に欠けるという問題もある。また、従来の画像表示装置は、いずれも画像の視認性に劣るという欠点もある (第 1 発明の課題)。

上述した種々の問題を解決するための一方法として、少なくとも一方が透明な対向する 2 枚の基板の間に色および帯電特性の異なる 2 種類以上の粒子群を封入し、基板に設けた電極からなる電極対から粒子群に電界を与えて、クーロン力により粒子を飛翔移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置、あるいは、少なくとも一方が透明な対向する 2 枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粒子に電界を与えて、クーロン力などにより粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置、が知られている。

この画像表示装置では、乾式で応答性能が速く、単純な構造で安価かつ、安定性に優れた画像表示を行うことができるが、色の表示を粒子に付与した色により行っている構成上、高い品位のカラー表示を行うことが難しい問題があった (第 2 発明の課題)。

#### 発明の開示

本発明の第 1 発明の目的は上述した課題を解消して、画像の視認性に優れ、しかも構造が単純で安価に提供され、画像表示・消去の応答速度が速く、その繰り返し安定性、耐久性にも優れた画像表示装置を提供しようとするものである。

また、本発明の第 2 発明の目的は上述した課題を解消して、乾式で応答性能が速く、単純な構造で安価かつ、安定性に優れた画像表示装置において、高い品位でカラー画像表示ができる画像表示板を備える画像表示装置を提供しようとするも

のである。

本発明の第1発明に係る画像表示装置は、電極間の帯電性粒子群を、該電極への印加電圧により移動させることにより画像を表示する画像表示手段と、該画像表示手段の画像表示面に対して光を照射する照射手段と、を備えてなることを特徴とするものである。

また、本発明の第1発明に係る画像表示装置では、画像表示手段の画像表示面に対して光をより効果的に照射する照射手段を備えるため、表示された画像の視認性に優れる。特に、帯電性粒子を電極間で移動させることにより画像を表示する画像表示手段、とりわけ帯電性粒子を静電力により電極間を移動させる画像表示手段であれば、画像表示・消去の応答速度が速く、その繰り返し安定性、耐久性にも優れる。しかも、このような画像表示手段と照射手段とで主に構成される本発明の画像表示装置は、簡易な構造で安価に提供される。

本発明の第1発明に係る画像表示装置の好適例としては、粒子群は、色及び帯電性が同一の粒子よりなること、粒子群は、色及び帯電性の異なる複数種類の粒子よりなること、粒子群は、隔壁で区画された空間内に配置されていること、隔壁は空間を囲む4周に配置され、画像表示手段は、隔壁により区画形成された多数の画素を有すること、空間のうち画像表示面側に第1の電極が設けられ、それと反対側に第2の電極が設けられていること、空間のうち画像表示面と反対側に第1の電極と第2の電極との双方がそれぞれ設けられていること、空間内に気体が封入されていること、空間内は、 $10^5 \sim 10^{-4}$  Paの減圧状態となっていること、照射手段が画像表示手段の辺縁に沿って延在する線状発光体を備えること、照射手段は、画像表示手段の画像表示面の前面に導光板を備え、導光板の側面又は後面に向けて線状発光体から照射された光が、導光板で反射されて画像表示面に照射されること、及び、導光板は、側面又は後面から光が導入される基板と、基板に設けられた、光を前記画像表示面に向けて反射する散点状又は線状の反射層と、反射層の視方向面に設けられた暗色層とを有すること、がある。

また、本発明の第1発明に係る画像表示装置の他の好適例としては、導光板の表面に、線状発光体から照射された光を画像表示面に反射するために使用するプリズム面を有するV溝を設け、V溝のプリズム面の導光板の表面に対する角度であるV溝角度を $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ としたこと、白表示した際の反射特性が、入射光の角度を $15^{\circ} \sim 90^{\circ}$ に変化させ $15^{\circ}$ の反射率を1としたとき反射率0.5となる角度が $40^{\circ}$ 以上となること、白表示した際の視野角が、半値幅で片側 $40^{\circ}$ 以上となること、画像表示手段及び照射手段は柔軟性を有すること、画像表示手段は、その両面に画像表示面を有すること、及び、粒子群として、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を用いること、がある。

本発明の第1発明に係る上述したいずれの好適例においても、本発明の第1発明に係る画像表示装置をより好適に実施することができる。

次に、本発明の第2発明の第1実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子群を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粒子群に電界を与えて、前記粒子を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の透明基板の外側表面または内側表面にカラーフィルタを設け、カラー表示させることを特徴とするものである。

また、本発明の第2発明の第2実施例に係る画像表示装置は、少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の透明基板の外側表面または内側表面にカラーフィルタを設け、カラー表示させることを特徴とするものである。

本発明の第2発明の第1実施例及び第2実施例に係る発明では、透明基板の外

側表面または内側表面に画像表示素子毎にR（赤色）、G（緑色）またはB（青色）の色の異なるカラーフィルタを設けている。そして、カラー表示の1画素を、少なくとも各別にR、G、Bのカラーフィルタを設けた3個の画像表示素子で構成し、粒子群あるいは粉流体の一方を白色他方を黒色とし、表示面に白色の粒子群あるいは粉流体を存在させることでカラーフィルタのR、GまたはBの色を表示する一方、表示面に黒色の粒子群あるいは粉流体を存在させることで黒色を表示することで、カラー表示させることができる。これにより、高品位のカラー画像表示を実現することができる。

本発明の第2発明の第1実施例に係る画像表示装置の好適例としては、粒子の平均粒子径が $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ であること、キャリアを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が、絶対値で $5 \sim 150 \mu\text{C}/\text{m}^2$ であること、及び、粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子であること、がある。

本発明の第2発明の第1実施例に係る上述したいずれの好適例においても、本発明の第2発明の第1実施例に係る画像表示装置をより好適に実施することができる。

また、本発明の第2発明の第2実施例に係る画像表示装置の好適例としては、粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上であること、粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものであること、 $V_{10}/V_5 > 0.8$ 、なお、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積（ $\text{cm}^3$ ）、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積（ $\text{cm}^3$ ）を示す、及び、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径 $d$ （ $0.5$ ）が $0.1 \sim 20 \mu\text{m}$ であること、がある。

本発明の第2発明の第2実施例に係る上述したいずれの好適例においても、本発明の第2発明の第2実施例に係る画像表示装置をより好適に実施することができる。

本発明の第1発明及び第2発明の第2実施例における「粉流体」は、気体の力も液体の力も借りずに、自ら流動性を示す、流体と粒子の特性を兼ね備えた両者の中間状態の物質である。例えば、液晶は液体と固体の中間的な相と定義され、液体の特徴である流動性と固体の特徴である異方性（光学的性質）を有するものである（平凡社：大百科事典）。一方、粒子の定義は、無視できるほどの大きさであっても有限の質量をもった物体であり、重力の影響を受けるとされている（丸善：物理学事典）。ここで、粒子でも、気固流動層体、液固流動体という特殊状態があり、粒子に底板から気体を流すと、粒子には気体の速度に対応して上向きの力が作用し、この力が重力とつりあう際に、流体のように容易に流動できる状態になるものを気固流動層体と呼び、同じく、液体により流動化させた状態を液固流動体と呼ぶとされている（平凡社：大百科事典）。このように気固流動層体や液固流動体は、気体や液体の流れを利用した状態である。本発明では、このような気体の力も、液体の力も借りずに、自ら流動性を示す状態の物質を、特異的に作り出せることが判明し、これを粉流体と定義した。

すなわち、本発明における粉流体は、液晶（液体と固体の中間相）の定義と同様に、粒子と液体の両特性を兼ね備えた中間的な状態で、先に述べた粒子の特徴である重力の影響を極めて受け難く、高流動性を示す特異な状態を示す物質である。このような物質はエアロゾル状態、すなわち気体中に固体状もしくは液体状の物質が分散質として安定に浮遊する分散系で得ることができ、本発明の画像表示装置で固体状物質を分散質とするものである。

#### 図面の簡単な説明

図1（a）～（c）は、それぞれ本発明の画像表示装置における形態の一例を示す側面図、斜視図及び線状発光体部分の断面図である。

図2（a）～（c）は、それぞれ本発明に係る画像表示板の表示素子の構成と表示動作原理の一例を示す断面図である。

図3（a）～（c）は、それぞれ本発明に係る画像表示板の表示素子の構成と



表示動作原理の他の例を示す断面図である。

図4 (a) ~ (c) は、それぞれ本発明に係る画像表示板の表示素子の構成と表示動作原理のさらに他の例を示す断面図である。

図5 (a) ~ (c) は、それぞれ本発明に係る画像表示板の表示素子の構成と表示動作原理のさらに他の例を示す断面図である。

図6 (a) ~ (c) は、それぞれ本発明に係る画像表示板の表示素子の構成と表示動作原理のさらに他の例を示す断面図である。

図7 は本発明に係る画像表示板の帯電性粒子の表面電位を測定するための測定装置の構成図である。

図8 は本発明で用いられる線状発光体の具体例を示す斜視図である。

図9 は図8 の I X - I X 線に沿う断面図である。

図10 は図8 の光伝送チューブの斜視図である。

図11 は図10 の X I - X I 線に沿う断面図である。

図12 は図11 の X I I - X I I 線に沿う断面図である。

図13 は本発明の画像表示装置の他の実施の形態を示す平面図である。

図14 は本発明の画像表示装置のさらに他の実施の形態を示す平面図である。

図15 は本発明の画像表示装置のさらに他の実施の形態を示す平面図である。

図16 は図15 の X V I - X V I 線に沿う断面図である。

図17 は本発明の画像表示装置のさらに他の実施の形態を示す平面図である。

図18 は本発明の画像表示装置のさらに他の実施の形態を示す平面図である。

図19 は本発明の画像表示装置のさらに他の実施の形態を示す平面図である。

図20 は本発明の画像表示装置のさらに他の実施の形態を示す平面図である。

図21 は本発明の画像表示装置のさらに他の実施の形態を示す平面図である。

図22 は図21 の導光板の拡大断面図である。

図23 (a)、(b) は、本発明に係る画像表示装置の構成の一例を示す側面図及び斜視図である。

図 2 4 は本発明に係る画像表示装置の導光板の詳細を示す図である。

図 2 5 は本発明に係る画像表示装置の導光板における V 溝角度を説明するための図である。

図 2 6 は本発明に係る画像表示装置における光の入射角度と反射率との関係を示すグラフである。

図 2 7 は図 2 6 の結果を得るために使用した反射率の入射角度依存性測定装置の一例の構成を示す図である。

図 2 8 は本発明に係る画像表示装置の導光板における V 溝角度と導光板の効率との関係を示すグラフである。

図 2 9 は本発明に係る画像表示装置の線状発光体における出射角度と輝度との関係を示すグラフである。

図 3 0 は図 2 9 の結果を得るために使用した反射率の視野角特性測定装置の一例の構成を示す図である。

図 3 1 は本発明に係る画像表示装置における視野角特性を示すグラフである。

図 3 2 (a)、(b) は、それぞれ本発明の画像表示装置を構成する画像表示板の画像表示素子における一例の構成とその表示駆動原理を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

まず、本発明の第 1 発明及び第 2 発明に共通して関係する画像表示装置の構成について説明する。

図 1 は本発明の画像表示装置の実施の形態を示す図であって、(a) 図は側面図、(b) 図は斜視図、(c) 図は線状発光体部分を示す断面図である。

図示の如く、本発明の画像表示装置 1 は、電極間の帯電性粒子群を電極への印加電圧により電極間で移動させることにより画像を表示する画像表示手段としての画像表示板 2 と、この画像表示板 2 の画像表示面 2 A に対して光を照射する照射手段としての線状発光体 3 とを備え、線状発光体 3 からの光が画像表示板 2 の画像表示面 2 A に照射されるため、この画像表示面 2 A の画像の視認性に優れる

。なお、図1の画像表示装置1では、この線状発光体3を覆うカバーとしてのハウジング4が設けられている。

画像表示手段である画像表示板2において用いられる帯電した粒子群としては、例えば次の①又は②が挙げられる。

- ① 色及び帯電性が同一の粒子よりなるもの。
- ② 色及び帯電性の異なる複数種類、例えば2種類の粒子よりなるもの。

まず、帯電性粒子として上記①の粒子を用いた画像表示板の構成について、図2～4を参照して説明する。図2～4は、本発明に係る画像表示板の実施の形態を示す断面図である。

図2(a)～(c)の画像表示板は、4周を囲む隔壁16で区画された空間の、透明基板11の内側(対向基板と対向する側)に透明な表示電極13を設け、対向基板12の内側(透明基板と対向する側)に対向電極14とカラー板17を設けたものである。

図2(a)～(c)では、対向基板12の縁部から隔壁16の内側に達するまで対向電極14が設けられているが、対向電極は、対向基板12上のみに設けられていても良く、隔壁16の内側面のみに設けられていても良い。透明基板11、対向基板12間の隔壁16で囲まれた空間内に帯電性粒子群(図2では負帯電性粒子群)15が配置されている。

図2(a)は電圧を付加していない状態を表す。この状態のものに、図示しない電源により、表示電極13側が高電位、対向電極14側が低電位となるように電圧を印加すると、図2(b)に示すように静電力によって、負帯電性粒子15は透明基板11側に移動して付着する。この場合、透明基板11側から見る表示面は負帯電性粒子15の色に見える。次に電位を切り替えて、表示電極13が低電位、対向電極14が高電位となるように電圧を印加すると、図2(c)に示すように静電力によって、負帯電性粒子15は対向基板12の側に移動して付着する。この場合、透明基板11側から見る表示面はカラー板17の色に見える。

図 2 (b) と図 2 (c) の間は電位を反転するだけで繰り返し表示することができ、このように電位を反転することで可逆的に色を変化させることができる。例えば、負帯電性粒子 1 5 を白色とし、カラー板 1 7 を黒色とするか、負帯電性粒子 1 5 を黒色とし、カラー板 1 7 を白色とすると、表示は白色と黒色間の可逆表示となる。

図 3 (a) ～ (c) の画像表示板は、基板間に電極を設けないものであり、隔壁 1 6 で囲まれた透明基板 1 1 と対向基板 1 2 との間に表示板の表示素子である負帯電性粒子 1 5 とカラー板 1 7 が設けられている。

図 3 (a) ～ (c) のように、電極を設けない場合の表示方法では、基板外部表面に静電潜像を与え、その静電潜像に応じて発生する電界にて、所定の特性に帯電した色のついた粒子群を基板に引き寄せあるいは反発させることにより、静電潜像に対応して配列した粒子群を透明基板を通して画像表示装置外側から視認させる。なお、この静電潜像の形成は、電子写真感光体を用い通常の電子写真システムで行われる静電潜像をこの画像表示基板上に転写形成する方法や、イオンフローや静電記録ヘッドにより静電潜像を直接形成する等の方法で行うことができる。

図 3 (a) は対向する 2 枚の基板の間に負帯電性粒子 1 5 が配置した状態を示し、図 3 (b) は透明基板 1 1 側を正電界、図 3 (c) は対向基板 1 2 側を正電界とした状態を示し、作動原理は図 2 (a) ～ (c) の電極を設けた画像表示板と同様である。

図 4 (a) ～ (c) は対向基板 1 2 の透明基板 1 1 と対向する側に表示電極 1 3、対向電極 1 4、カラー板 1 7 及び絶縁体 1 8 を設置したものであり、図 4 (a) に示すように、隔壁 1 6 で囲まれた対向する基板 1 1、1 2 の間に負帯電性粒子 1 5 が配置されている。この状態のものに電源により表示電極 1 3 が低電位、対向電極 1 4 が高電位となるように電圧を付加すると、図 4 (b) に示すように静電力によって、負帯電性粒子 1 5 は対向電極 1 4 の側に移動して付着する。

この場合、透明基板 11 の側から見る表示面はカラー板 17 の色に見える。次に電位を切り替えて、表示電極 13 が高電位、対向電極 14 が低電位となるように電圧を付加すると、図 4 (c) に示すように静電力によって、負帯電性粒子 15 は表示電極 13 の側に移動して付着し、透明基板 11 の側から見る表示面は負帯電性粒子 15 の色に見える。

図 4 (b) と図 4 (c) の間は電位を反転するだけで繰り返すことができ、電源の電位を反転することで可逆的に表示面の色を変化させることができる。

以上、帯電性粒子が負帯電性粒子の場合を例示したが、正帯電性粒子を用いた場合も同様な原理に基づいて可逆表示板を構成することができる。

次に、帯電性粒子として前記②の粒子を用いた画像表示板の構成について、図 5 (a) ～ (c), 図 6 (a) ～ (c) を参照して説明する。図 5 (a) ～ (c), 図 6 (a) ～ (c) は、それぞれ本発明に係る画像表示板の実施の形態を示す断面図である。

図 5 (a) ～ (c) の画像表示板は、4 周を隔壁 16 で区画された室内の透明基板 11 と対向基板 12 との間に、色及び帯電特性の異なる 2 種類の粒子群を封入し、電位の異なる 2 種類の電極から粒子群に静電界を与えて静電力により粒子を移動させ、画像を表示する可逆画像表示板であって、電位の異なる 2 種類の電極 13, 14 が対向基板 12 の透明基板 11 と対向する側に絶縁体 18 を介して設けられたものである。

図 5 (a) は、対向する基板 11, 12 の間に負帯電性粒子 15 A 及び正帯電性粒子 15 B を配置した状態を示す。この状態のものに、電源により表示電極 13 側が低電位、対向電極 14 側が高電位となるように電圧を付加すると、図 5 (b) に示すように静電力によって、正帯電性粒子 15 B は表示電極 13 側に移動して付着し、負帯電性粒子 15 A は対向電極 14 側に移動して付着する。この場合、透明基板 11 側から見る表示面は正帯電性粒子 15 B の色に見える。

次に、電源の電位を切り替えて、表示電極 13 が高電位、対向電極 14 が低電

位となるように電圧を付加すると、図5（c）に示すように静電力によって、負帯電性粒子15Aは表示電極13に移動して付着し、正帯電性粒子15Bは対向電極14の側に移動して付着する。この場合、透明基板11側から見る表示面は負帯電性粒子15Aの色に見える。

図5（b）と図5（c）の間は電源の電位を反転するだけで繰り返し表示することができ、このように電源の電位を反転することで可逆的に色を変化させることができる。例えば、負帯電性粒子15Aを白色とし、正帯電性粒子15Bを黒色とするか、負帯電性粒子15Aを黒色とし、正帯電性粒子15Bを白色とすると、表示は白色と黒色の可逆表示となる。

図6（a）～（c）の画像表示板は、4周を囲む隔壁16で区画された空間の、透明基板11の内側に透明な表示電極13を設け、対向基板12の内側に対向電極14を設けたものである。透明基板11、対向基板12間の隔壁16で囲まれた空間内に負帯電性粒子15Aと正帯電性粒子15Bが配置されている。

図6（a）は電圧を付加していない状態を表す。この状態のものに、図示しない電源により、表示電極13側が高電位、対向電極14側が低電位となるように電圧を付加すると、図6（b）に示すように静電力によって、負帯電性粒子15Aは透明基板11側に移動して付着し、正帯電性粒子15Bは対向基板12側へ移動して付着する。この場合、透明基板11側から見る表示面は負帯電性粒子15Aの色に見える。次に電位を切り替えて、表示電極13が低電位、対向電極14が高電位となるように電圧を付加すると、図6（c）に示すように静電力によって、負帯電性粒子15Aは対向基板12の側に移動して付着し、正帯電性粒子15Bは透明基板11側へ移動して付着する。この場合、透明基板11側から見る表示面は正帯電性粒子15Bの色に見える。

図6（b）と図6（c）の間は電源の電位を反転するだけで繰り返し表示することができ、このように電源の電位を反転することで可逆的に色を変化させることができる。例えば、負帯電性粒子15Aを白色とし、正帯電性粒子15Bを黒

色とするか、負帯電性粒子 15 A を黒色とし、正帯電性粒子 15 B を白色とすると、表示は白色と黒色間の可逆表示となる。

なお、図示はしないが、この②の粒子を用いる画像表示板においても、図 3 に示す如く、基板間に電極を設けず、基板外部表面に静電潜像を与え、その静電潜像に応じて発生する電界にて、所定の特性に帯電した色のついた粒子群を基板に引き寄せあるいは反発させることにより、静電潜像に対応して配列した粒子を透明基板を通して画像表示装置外側から視認させるようにしても良い。

図 2 ～ 6 に示す画像表示板においては、各帯電性粒子は電極に鏡像力により貼り付いた状態にあるので、電源を切った後も表示画像は長期に保持され、メモリー保持性が良い。

また、上述した説明では、粒子群による画像表示を例にとって説明したが、全く同じ説明を、粉流体に対しても同様に適用することができる。

次に、このような画像表示板の各構成部材について説明する。

基板については、少なくとも一方の基板は表示板外側から粒子の色又はカラー板の色が確認できる透明基板であり、可視光の透過率が高くかつ耐熱性の良い材料が好適である。対向基板は透明でも不透明でもかまわない。

基板材料を例示すると、ポリエチレンテレフタレート、ポリエーテルサルフォン、ポリエチレン、ポリカーボネート、ポリイミド、アクリル、シリコーン樹脂などのポリマーシートや、ガラス、石英などの無機シートが挙げられる。

基板の厚みは、2 ～ 5000  $\mu\text{m}$  が好ましく、特に 5 ～ 1000  $\mu\text{m}$  が好適であり、薄すぎると、強度、基板間の間隔均一性を保ちにくくなり、厚すぎると、表示機能としての鮮明さ、コントラストの低下が発生する。

電極については、図 1, 6 の表示電極 13 のように透明な電極を形成する場合、この表示電極は、透明基板上に透明かつパターン形成可能である導電性材料で形成され、アルミニウム、銀、ニッケル、銅、金等の金属や ITO、導電性酸化錫、導電性酸化亜鉛等の透明導電金属酸化物を、スパッタリング法、真空蒸着法

、CVD法、塗布法等で薄膜状に形成したものや、導電剤を溶媒や合成樹脂バインダに混合して塗布したものが用いられる。

導電剤としてはベンジルトリメチルアンモニウムクロライド、テトラブチルアンモニウムパークロレート等のカチオン性高分子電解質、ポリスチレンスルホン酸塩、ポリアクリル酸塩等のアニオン性高分子電解質や導電性の酸化亜鉛、酸化スズ、酸化インジウム微粉末等が用いられる。なお、電極厚みは、導電性が確保でき光透過性に支障なければ良く、3～1000nm、好ましくは5～400nmが好適である。

対向基板上に設けられる電極にもこのような透明電極材料を使用することもできるが、不透明でよい場合は、アルミニウム、銀、ニッケル、銅、金等の非透明電極材料も使用することができ、特に、アルミニウム、銅等の安価で低抵抗の金属電極とすることが好ましい。

各電極は帯電した粒子の電荷が逃げないように絶縁性のコート層を形成することが好ましい。このコート層は、負帯電性粒子に対しては正帯電性の樹脂を、正帯電性粒子に対しては負帯電性の樹脂を用いると、粒子の電荷が逃げ難いので特に好ましい。

外部電圧印加は、直流を用いることができ、あるいはそれに交流を重畳して用いても良い。

本発明で用いる画像表示板では、各図に示すような隔壁16を各表示素子の四周に設けるのが好ましい。ただし、隔壁を平行する2方向に設けることもできる。隔壁を四周に設けることにより、基板平行方向の余分な粒子移動を阻止し、繰り返し耐久性、メモリー保持性を介助すると共に、基板間の間隔を均一にかつ補強し、画像表示板の強度を上げることもできる。

隔壁の形成方法としては、特に限定されないが、例えば、スクリーン版を用いて所定の位置にペーストを重ね塗りするスクリーン印刷法や、基板上に所望の厚さの隔壁材をベタ塗りし、隔壁として残したい部分のみレジストパターンを隔壁



材上に被覆した後、プラスト材を噴射して隔壁部以外の隔壁材を切削除去するサンドブラスト法や、該基板上に感光性樹脂を用いてレジストパターンを形成し、レジスト凹部へペーストを埋込んだ後レジスト除去するリフトオフ法（アディティブ法）や、該基板上に、隔壁材料を含有した感光性樹脂組成物を塗布し、露光・現像により所望のパターンを得る感光性ペースト法や、該基板上に隔壁材料を含有するペーストを塗布した後、凹凸を有する金型等を圧着・加圧成形して隔壁形成する鋳型成形法等、種々の方法が採用される。更に鋳型成形法を応用し、鋳型として感光性樹脂組成物により設けたレリーフパターンを使用する、レリーフ型押し法を採用することもできる。

帯電性粒子は、負又は正帯電性の着色粒子で、静電力により容易に移動するものであればいずれでも良いが、特に、帯電性に優れ、球形で比重の小さい粒子が好適である。

図2～4の画像表示板の場合、粒子群は単一の色の粒子で構成され、好ましくは白色又は黒色の粒子が好適に用いられる。粒子の平均粒子径は0.1～50  $\mu\text{m}$  が好ましく、特に1～30  $\mu\text{m}$  が好ましい。粒子径がこの範囲より小さいと粒子の電荷密度が大きすぎて電極や基板への鏡像力が強すぎ、メモリー性は良いが、電界を反転した場合の追従性が悪くなる。反対に粒子径がこの範囲より大きいと、追従性は良いが、メモリー性が悪くなる。

粒子を負又は正に帯電させる方法は、特に限定されないが、コロナ放電法、電極注入法、摩擦法等の粒子を帯電させる方法が用いられる。粒子の帯電量は当然その測定条件に依存するが、画像表示装置における粒子の帯電量はほぼ、初期帯電量、基板や隔壁との接触、経過時間に伴う電荷減衰に依存し、特に「種類の異なる粒子物質との接触」、すなわち基板や隔壁との接触に伴う帯電挙動の飽和値が支配因子となっているということが分かっている。しかし、これを簡易的に測定することは難しい。

本発明者らは鋭意検討の結果、ブローオフ法において同じキャリアを用いて、

粒子の帯電量測定を行うことにより相対的に評価できることを見出し、これを表面電荷密度によって規定することにより、画像表示装置として適当な粒子の帯電量を予測できることを見出した。

測定方法について詳しくは後に述べるが、ブローオフ法によって、粒子とキャリアとを十分に接触させ、その飽和帯電量を測定することにより該粒子の単位重量あたりの帯電量を測定することができる。そして、該粒子の粒子径と比重を別途求めることにより該粒子の表面電荷密度を算出することができる。

画像表示装置においては、用いる粒子の粒子径は小さく、重力の影響はほぼ無視できるほど小さいため、粒子の比重は粒子の動きに対して影響しない。しかし、粒子の帯電量においては、同じ粒子径の粒子で単位重量あたりの平均帯電量が同じであっても、粒子の比重が2倍異なる場合に保持する帯電量は2倍異なることとなる。従って、画像表示装置に用いられる粒子の帯電特性は粒子の比重に無関係な表面電荷密度（単位： $\mu\text{C}/\text{m}^2$ ）で評価するのが好ましいことが分かった。

②の粒子を用いる画像表示板においては、表面電荷密度は2粒子の移動方向を異なるものにするためにある程度の差が必要であるが、大きいほどよいというものではない。粒子移動による画像表示装置においては粒子の粒子径が大きいときは主に電気影像力が粒子の飛翔電界（電圧）を決定する因子となる傾向が強いため、この粒子を低い電界（電圧）で動かすためには帯電量が低いほうがよいこととなる。また、粒子の粒子径が小さいときは分子間力・液架橋力等の非電氣的な力が飛翔電界（電圧）決定因子となることが多いため、この粒子を低い電界（電圧）で動かすためには帯電量が高いほうがよいこととなる。しかし、これは粒子の表面性（材料・形状）にも大きく依存するため一概に粒子径と帯電量で規定することはできない。

本発明者らは、②の粒子を用いる画像表示板において平均粒子径が0.1～50  $\mu\text{m}$  の粒子においては、同じ種類のキャリアを用いてブローオフ法により測定した2種類の粒子の、表面電荷密度の差の絶対値が5～150  $\mu\text{C}/\text{m}^2$  である場合に

画像表示装置として使用できる粒子と成り得ることを見出した。

ブローオフ法測定原理及び方法は以下の通りである。ブローオフ法においては、両端に網を張った円筒容器中に粉体とキャリアの混合体を入れ、一端から高压ガスを吹き込んで粉体とキャリアとを分離し、網の目開きから粉体のみをブローオフ(吹き飛ばし)する。この時、粉体が容器外に持ち去った帯電量と等量で逆の帯電量がキャリアに残る。そして、この電荷による電束の全てはファラデーケージで集められ、この分だけコンデンサーは充電される。そこでコンデンサー両端の電位を測定することにより粉体の電荷量  $Q$  は、 $Q=CV$  ( $C$ :コンデンサー容量、 $V$ :コンデンサー両端の電圧) として求められる。

ブローオフ粉体帯電量測定装置としては東芝ケミカル社製の TB-200 を用いた。本発明ではキャリアとしてパウダーテック社製の F963-2535 を用いた。これらから粒子帯電量を測定し、別途求めた粒子径及び粒子比重から粒子の表面電荷密度を算出した。

なお、粒子径は以下に述べる方法により、また、比重は、株式会社島津製作所製比重計(商品名:マルチボリウム密度計 H 1305)を用いて測定した。

粒子径については具体的には、Mastersizer2000(Malvern Instruments Ltd.)測定機を用いて、窒素気流中に粒子を投入し、付属の解析ソフト(Mie 理論を用いた体積基準分布を基に、粒子径分布、粒子径を算出するソフト)を用いて測定し、粒子の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を  $\mu\text{m}$  で表した数値を平均粒子径  $d(0.5)(\mu\text{m})$  とした。

粒子はその帯電電荷を保持する必要があるので、体積固有抵抗が  $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$  以上の絶縁性粒子が好ましく、特に  $1 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$  以上の絶縁性粒子が好ましい。

また、本発明で用いる帯電性粒子は、以下に述べる方法で評価した電荷減衰の遅い粒子が更に好ましい。

即ち、粒子を、別途、プレス、加熱溶融、キャストなどにより、厚み5~10

0  $\mu$ m 範囲のフィルム状にして、そのフィルム表面と 1 mm の間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8 kV の電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させ、その表面電位の変化を測定し判定する。この場合、0.3 秒後における表面電位の最大値が 300 V より大きく、好ましくは 400 V より大きくなるように、粒子構成材料を選択して粒子を作成することが望ましい。

なお、上記表面電位の測定は、例えば図 7 に示した装置（QEA 社製 CRT 2000）により行なうことができる。この装置の場合は、前述したフィルムを表面に配置したロールシャフト 20 の両端部をチャック 21 にて保持し、小型のスコトロン放電器 22 と表面電位計 23 とを所定間隔離して併設した計測ユニット 24 を試料フィルムを取り付けたロールシャフト 20 の表面と 1 mm の間隔を持って対向配置し、ロールシャフト 20 を静止した状態のまま、計測ユニット 24 をロールシャフト 20 の一端から他端まで一定速度で移動させることにより、表面電荷を与えつつその表面電位を測定する方法が好適に採用される。測定環境は温度  $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、湿度  $55 \pm 5\text{RH}\%$  とする。

本発明で用いる帯電性粒子は帯電性能等の特性が満たされていれば、いずれの材料から構成されても良い。例えば樹脂、荷電制御剤、着色剤、無機添加剤等から、或いは着色剤単独等で形成することができる。

樹脂の例としては、ウレタン樹脂、ウレア樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、アクリルウレタン樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、アクリルフッ素樹脂、シリコーン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、エポキシ樹脂、ポリスチレン樹脂、スチレンアクリル樹脂、ポリオレフィン樹脂、ブチラール樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスルホン樹脂、ポリエーテル樹脂、ポリアミド樹脂などが挙げられ、特に基板との付着力を制御する上から、アクリルウレタン樹脂、アクリルシリコーン樹脂、アクリルフッ素樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、フッ素樹脂、シリコーン樹

脂が好適である。これらの2種以上を混合使用することもできる。

荷電制御剤としては、特に制限はないが、負荷電制御剤としては例えば、サリチル酸金属錯体、含金属アゾ染料、含金属（金属イオンや金属原子を含む）の油性染料、4級アンモニウム塩系化合物、カリックスアレン化合物、含ホウ素化合物（ベンジル酸ホウ素錯体）、ニトロイミダゾール誘導体等が挙げられる。正荷電制御剤としては例えば、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、4級アンモニウム塩系化合物、ポリアミン樹脂、イミダゾール誘導体等が挙げられる。

その他、超微粒子シリカ、超微粒子酸化チタン、超微粒子アルミナ等の金属酸化物、ピリジン等の含窒素環状化合物及びその誘導体や塩、各種有機顔料、フッ素、塩素、窒素等を含んだ樹脂等も荷電制御剤として用いることもできる。

着色剤としては、以下に例示するような、有機又は無機の各種、各色の顔料、染料が使用可能である。

黒色顔料としては、カーボンブラック、酸化銅、二酸化マンガン、アニリンブラック、活性炭などがある。

黄色顔料としては、黄鉛、亜鉛黄、カドミウムイエロー、黄色酸化鉄、ミネラルファーストイエロー、ニッケルチタンイエロー、ネーブルイエロー、ナフトールイエローS、ハンザイエローG、ハンザイエロー10G、ベンジジンイエローG、ベンジジンイエローGR、キノリンイエローレーキ、パーマネントイエローNCG、タートラジンレーキなどがある。

橙色顔料としては、赤色黄鉛、モリブデンオレンジ、パーマネントオレンジGTR、ピラゾロンオレンジ、バルカンオレンジ、インダスレンブリリアントオレンジRK、ベンジジンオレンジG、インダスレンブリリアントオレンジGKなどがある。

赤色顔料としては、ベンガラ、カドミウムレッド、鉛丹、硫化水銀、カドミウム、パーマネントレッド4R、リソールレッド、ピラゾロンレッド、ウォッチン

グレットド、カルシウム塩、レーキレッドD、ブリリアントカーミン6 B、エオシンレーキ、ローダミンレーキB、アリザリンレーキ、ブリリアントカーミン3 B などがある。

紫色顔料としては、マンガン紫、ファーストバイオレットB、メチルバイオレットレーキなどがある。

青色顔料としては、紺青、コバルトブルー、アルカリブルーレーキ、ピクトリアブルーレーキ、フタロシアニンプール、無金属フタロシアニンプール、フタロシアニンプール部分塩素化物、ファーストスカイブルー、インダスレンブルーB Cなどがある。

緑色顔料としては、クロムグリーン、酸化クロム、ピグメントグリーンB、マラカイトグリーンレーキ、ファイナルイエローグリーンGなどがある。

また、白色顔料としては、亜鉛華、酸化チタン、アンチモン白、硫化亜鉛などがある。

体質顔料としては、バライト粉、炭酸バリウム、クレー、シリカ、ホワイトカーボン、タルク、アルミナホワイトなどがある。

更に、塩基性、酸性、分散、直接染料などの各種染料として、ニグロシン、メチレンブルー、ローズベンガル、キノリンイエロー、ウルトラマリンプールなどがある。

これらの着色剤は、単独で或いは複数組合せて用いることができる。

特に黒色着色剤としてカーボンブラックが、白色着色剤として酸化チタンが好ましい。

帯電性粒子の製造方法については特に限定されないが、例えば、電子写真のトナーを製造する場合に準じた粉碎法及び重合法が採用することができる。また、無機又は有機顔料の粉体の表面に樹脂や荷電制御剤等をコートする方法も採用することができる。

図5、6に示す画像表示板では、このような帯電性粒子から、色及び帯電特性

の異なるものが選択使用される。特に白色の正又は負帯電性粒子と異色の負又は正帯電性粒子との組み合わせが好適に用いられ、通常の場合、正帯電性粒子と負帯電性粒子とは、正帯電性粒子：負帯電性粒子＝1：0.5～1.5（容量比）で用いられる。

本発明に係る画像表示板における透明基板と対向基板との間隔は、帯電性粒子が移動でき、コントラストを維持できれば良いが、通常10～5000 $\mu$ m、好ましくは30～500 $\mu$ mに調整される。また、四周に隔壁を設ける場合、隔壁で区画される領域は、35～500 $\mu$ m×35～500 $\mu$ m程度であることが好ましい。

帯電性粒子の充填量は、基板間の空間体積に対して、3～80%、好ましくは10～70%を占める体積になるように充填するのが良い。

本発明に係る画像表示板においては、帯電性粒子が接触する少なくともいずれかの部材に、該粒子と逆帯電性に帯電する接触表面を有するものを用いることが好ましい。即ち、負帯電性の粒子に対しては正帯電性の接触表面を有する部材を用い、正帯電性の粒子に対しては負帯電性の接触表面を有する部材を用いることが好ましい。これにより、粒子の帯電状態は、安定して維持される。部材としては、粒子と接触する基板、電極、隔壁あるいはカラー板等いずれでもよい。勿論、その部材は、全体が粒子と逆帯電性に帯電する材質からなるものでも良いし、部材の表面の粒子が接触する部分に、粒子と逆帯電性に帯電する材質のものを被覆したものでもよい。

このような画像表示板では、図2～6に示すような表示素子を複数使用してマトリックス状に配置して表示を行う。モノクロの場合は、一つの表示素子が一つの画素となる。

図2～4の画像表示板において、例えば、粒子として黒色粒子を用いる場合は、カラー板を白色にし、粒子として白色粒子を用いる場合は、カラー板を黒色にして、白黒の画像を表示することができる。白黒以外の任意の色表示をする場合

は、粒子の色とカラー板の組み合わせを適宜行えばよい。フルカラーの場合は、3種の表示素子、即ち、R（赤色）、G（緑色）及びB（青色）のカラー板を持ちかつ各々黒色の粒子を持つ表示素子を1組とし、それらを複数組配置して可逆画像表示板とするのが好ましい。

また、図5、6の画像表示板において、白黒以外の任意の色表示をする場合は、粒子の色の組み合わせを適宜行えばよい。フルカラーの場合は、3種の表示素子、即ち、R（赤色）、G（緑色）及びB（青色）のカラー板を持ちかつ各々黒色の粒子を持つ表示素子を1組とし、それらを複数組配置して可逆画像表示板とするのが好ましい。

次に、粒子群の代わりに用いることのできる粉流体について説明する。

粉流体とは、先に述べたように、気体の力も液体の力も借りずに、自ら流動性を示す、流体と粒子の特性を兼ね備えた両者の中間状態の物質である。この粉流体は、特にエアロゾル状態とすることができ、本発明の画像表示装置では、気体中に固体状の物質が分散質として比較的安定に浮遊する状態で用いられる。

エアロゾル状態の範囲は、粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上であることが好ましく、更に好ましくは2.5倍以上、特に好ましくは3倍以上である。上限は特に限定されないが、12倍以下であることが好ましい。

粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍より小さいと表示上の制御が難しくなり、また、12倍より大きいと粉流体を装置内に封入する際に舞い過ぎてしまうなどの取扱い上の不便が生じる。なお、最大浮遊時の見かけ体積は次のようにして測定される。すなわち、粉流体が透過して見える密閉容器に粉流体を入れ、容器自体を振動或いは落下させて、最大浮遊状態を作り、その時の見かけ体積を容器外側から測定する。具体的には、直径（内径）6cm、高さ10cmのポリプロピレン製で蓋付きの容器（商品名「アイボーイ」アズワン（株）製）に、未浮遊時の粉流体として1/5の体積相当の粉流体を入れ、振とう機に容器をセットし、6cmの距離を3往復／secで3時間振とうさせる。振とう



停止直後の見かけ体積を最大浮遊時の見かけ体積とする。

また、本発明の画像表示装置は、粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものが好ましい。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

ここで、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )を示す。なお、本発明の画像表示装置は、粉流体の見かけ体積の時間変化 $V_{10}/V_5$ が0.85よりも大きいものが好ましく、0.9よりも大きいものが特に好ましい。 $V_{10}/V_5$ が0.8以下の場合、通常のいわゆる粒子を用いた場合と同様となり、本発明のような高速応答、耐久性の効果が確保できなくなる。

また、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径 ( $d(0.5)$ ) は、好ましくは0.1–20  $\mu\text{m}$ 、更に好ましくは0.5–15  $\mu\text{m}$ 、特に好ましくは0.9–8  $\mu\text{m}$ である。0.1  $\mu\text{m}$ より小さいと表示上の制御が難しくなり、20  $\mu\text{m}$ より大きいと、表示はできるものの隠蔽率が下がり装置の薄型化が困難となる。なお、粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径 ( $d(0.5)$ ) は、次の粒子径分布 Span における  $d(0.5)$  と同様である。

粉流体を構成する粒子物質は、下記式に示される粒子径分布 Span が5未満であることが好ましく、更に好ましくは3未満である。

$$\text{粒子径分布 Span} = (d(0.9) - d(0.1)) / d(0.5)$$

ここで、 $d(0.5)$ は粉流体を構成する粒子物質の50%がこれより大きく、50%がこれより小さいという粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.1)$ はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質の比率が10%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値、 $d(0.9)$ はこれ以下の粉流体を構成する粒子物質が90%である粒子径を $\mu\text{m}$ で表した数値である。粉流体を構成する粒子物質の粒子径分布 Span を5以下とすることにより、サイズが揃い、均一な粉流体移動が可能となる。

なお、以上の粒子径分布及び粒子径は、レーザー回折/散乱法などから求める

ことができる。測定対象となる粉流体にレーザー光を照射すると空間的に回折／散乱光の光強度分布パターンが生じ、この光強度パターンは粒子径と対応関係があることから、粒子径及び粒子径分布が測定できる。この粒子径及び粒子径分布は、体積基準分布から得られる。具体的には、Mastersizer2000 (Malvern Instruments Ltd.)測定機を用いて、窒素気流中に粉流体を投入し、付属の解析ソフト (Mie 理論を用いた体積基準分布を基本としたソフト) にて、測定を行うことができる。

粉流体の作製は、必要な樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤を混練り粉碎しても、モノマーから重合しても、既存の粒子を樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤でコーティングしても良い。以下、粉流体を構成する樹脂、荷電制御剤、着色剤、その他添加剤を例示する。

樹脂の例としては、ウレタン樹脂、アクリル樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン変性アクリル樹脂、シリコーン樹脂、ナイロン樹脂、エポキシ樹脂、スチレン樹脂、ブチラール樹脂、塩化ビニリデン樹脂、メラミン樹脂、フェノール樹脂、フッ素樹脂などが挙げられ、2種以上混合することもでき、特に、基板との付着力を制御する上から、アクリルウレタン樹脂、アクリルウレタンシリコーン樹脂、アクリルウレタンフッ素樹脂、ウレタン樹脂、フッ素樹脂が好適である。

荷電制御剤の例としては、正電荷付与の場合には、4級アンモニウム塩系化合物、ニグロシン染料、トリフェニルメタン系化合物、イミダゾール誘導体などが挙げられ、負電荷付与の場合には、含金属アゾ染料、サリチル酸金属錯体、ニトロイミダゾール誘導体などが挙げられる。

着色剤の例としては、塩基性、酸性などの染料が挙げられ、ニグロシン、メチレンブルー、キノリンイエロー、ローズベンガルなどが例示される。

無機系添加剤の例としては、酸化チタン、亜鉛華、硫化亜鉛、酸化アンチモン、炭酸カルシウム、鉛白、タルク、シリカ、ケイ酸カルシウム、アルミナホワイト、カドミウムイエロー、カドミウムレッド、カドミウムオレンジ、チタンイエ

ロー、紺青、群青、コバルトブルー、コバルトグリーン、コバルトバイオレット、酸化鉄、カーボンブラック、銅粉、アルミニウム粉などが挙げられる。

しかしながら、このような材料を工夫無く混練り、コーティングなどを施しても、エアロゾル状態を示す粉流体を作製することはできない。エアロゾル状態を示す粉流体の決まった製法は定かではないが、例示すると次のようになる。

まず、粉流体を構成する粒子物質の表面に、平均粒子径が20－100nm、好ましくは20－80nmの無機微粒子を固着させることが適当である。更に、その無機微粒子がシリコンオイルで処理されていることが適当である。ここで、無機微粒子としては、二酸化珪素（シリカ）、酸化亜鉛、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化セリウム、酸化鉄、酸化銅等が挙げられる。この無機微粒子を固着させる方法が重要であり、例えば、ハイブリダイザー（奈良機械製作所（株）製）やメカノフュージョン（ホソカワミクロン（株）製）などを用いて、ある限定された条件下（例えば処理時間）で、エアロゾル状態を示す粉流体を作製することができる。

ここで繰り返し耐久性を更に向上させるためには、粉流体を構成する樹脂の安定性、特に、吸水率と溶剤不溶率を管理することが効果的である。基板間に封入する粉流体を構成する樹脂の吸水率は、3重量%以下、特に2重量%以下とすることが好ましい。なお、吸水率の測定は、ASTM-D570に準じて行い、測定条件は23℃で24時間とする。粉流体を構成する樹脂の溶剤不溶率に関しては、下記関係式で表される粉流体の溶剤不溶率を50%以上、特に70%以上とすることが好ましい。

$$\text{溶剤不溶率 (\%)} = (B/A) \times 100$$

（但し、Aは樹脂の溶剤浸漬前重量、Bは良溶媒中に樹脂を25℃で24時間浸漬した後の重量を示す）

この溶剤不溶率が50%未満では、長期保存時に粉流体を構成する粒子物質表面にブリードが発生し、粉流体との付着力に影響を及ぼし粉流体の移動の妨げと

なり、画像表示耐久性に支障をきたす場合がある。なお、溶剤不溶率を測定する際の溶剤（良溶媒）としては、フッ素樹脂ではメチルエチルケトン等、ポリアミド樹脂ではメタノール等、アクリルウレタン樹脂では、メチルエチルケトン、トルエン等、メラミン樹脂ではアセトン、イソプロパノール等、シリコーン樹脂ではトルエン等が好ましい。

また、粉流体の充填量については、粉流体の占有体積が、対向する2枚の基板間の空隙部分の5～85%、好ましくは5～65%、更に好ましくは10～55%になるように調整することが好ましい。粉流体がエアロゾル状態を示すために、表示装置内への封入は通常の方法では困難であり、静電塗装機を用いて、強制的に基板に粉流体を付着させることが、取扱いの上で、好適である。この場合は、片方の基板にのみ、あるいは、両方の基板に付着させて合わせるのいずれかの方法でも良い。

更に、本発明においては基板間の粒子群あるいは粉流体を取り巻く空隙部分の気体の管理が重要であり、表示安定性向上に寄与する。具体的には、空隙部分の気体の湿度について、25℃における相対湿度を60%RH以下、好ましくは50%RH以下、更に好ましくは35%RH以下とすることが重要である。以上の空隙部分とは、例えば図2（a）～（c）において、透明基板11、対向基板12に挟まれる部分から、粒子群あるいは粉流体15の専有部分、隔壁16の占有部分、装置シール部分を除いた、いわゆる粒子群あるいは粉流体が接する気体部分を指すものとする。

空隙部分の気体は、先に述べた湿度領域であれば、その種類は問わないが、乾燥空気、乾燥窒素、乾燥アルゴン、乾燥ヘリウム、乾燥二酸化炭素、乾燥メタンなどが好適である。この気体は、その湿度が保持されるように装置に封入することが必要であり、例えば、粒子群あるいは粉流体の充填、基板の組み立てなどを所定湿度環境下にて行い、更に、外からの湿度侵入を防ぐシール材、シール方法を施すことが肝要である。また、空隙部分は、 $10^5 \sim 10^{-4}$  Paの減圧状態と

なっている。良い。

### <第1発明の説明>

次に、本発明の第1発明に係る画像表示装置において、前記①の帯電性粒子を用いた画像表示板の具体的な画像表示例及び前記②の帯電性粒子を用いた画像表示板の具体的な画像表示例を以下に示す。

#### [前記①の帯電性粒子を用いた画像表示板]

図2に示す構成の表示素子をもつ画像表示板を作製した。透明基板及び対向基板としてガラス基板（厚み2mm）を用い、表示電極はITO電極を、対向電極は銅電極とした。それぞれの電極の表面に付着防止と電荷漏洩防止のために、絶縁性のシリコン樹脂を約3 $\mu$ mの厚さにコートした。このシリコン樹脂は正帯電性のものを用いた。負帯電性粒子としては、電子写真用黒色重合トナー（平均粒子径8 $\mu$ mの球形、表面電荷密度 $-40\mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定による0.3秒後における表面電位の最大値450V）を用いた。隔壁の高さ（基板間距離）を200 $\mu$ mとして、負帯電性粒子の充填量は、空間容積の30%とした。隔壁により囲まれた空間は300 $\mu$ m $\times$ 300 $\mu$ m $\times$ 200 $\mu$ m（基板間距離）である。カラー板には白色の樹脂板を用いた。

表示電極側を高電位に対向電極側を低電位になるように両者の差が200Vの直流電圧を印加すると、負帯電性粒子は表示電極側に移動して付着し、表示素子は黒色に表示された。次に印加電圧の電位を逆にすると、負帯電性粒子は対向電極側に移動して付着し、表示素子は白色に表示された。

電圧印加に対する応答時間を測定したところ1msecであった。各表示において、電圧印加を停止して1日間放置したが、表示は保たれていた。

次に、印加電圧の電位反転を10万回繰り返したが、応答速度の変化は殆どなかった。

#### [前記②の帯電性粒子を用いた画像表示板]

図5に示す構成の表示素子をもつ画像表示板を作製した。透明基板としてガラ

ス基板（厚み 2 mm）を用い、対向基板にはエポキシ板（厚み 3 mm）を用い、表示電極及び対向電極は銅電極とした。それぞれの電極の表面に付着防止と電荷漏洩防止のために、絶縁性のシリコン樹脂を約 3  $\mu\text{m}$  の厚さにコートした。このシリコン樹脂は正帯電性のものを用いた。負帯電性粒子としては、電子写真用黒色重合トナー（平均粒子径 8  $\mu\text{m}$  の球形、表面電荷密度  $-50 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定による 0.3 秒後における表面電位の最大値 450 V）を用いた。正帯電性粒子としては、白色顔料に酸化チタンを用い、荷電制御剤に 4 級アンモニウム塩系化合物を用いて、スチレンアクリル樹脂の重合粒子（平均粒子径 8  $\mu\text{m}$  の球形、表面電荷密度  $+45 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定による 0.3 秒後における表面電位の最大値 500 V）を作製した。粒子の帯電は、両粒子を等量混合攪拌することによる摩擦帯電により行なった。隔壁の高さ（基板間距離）を 200  $\mu\text{m}$  として、正帯電性粒子及び負帯電製粒子の合計の充填量は、空間容積の 70 % とした。隔壁により囲まれた空間は 300  $\mu\text{m} \times 300 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$ （基板間距離）である。

表示電極側を高電位に対向電極側を低電位になるように両者の差が 200 V の直流電圧を印加すると、負帯電性粒子は表示電極側に移動して付着し、表示素子は白色に表示された。次に印加電圧の電位を逆にすると、正帯電性粒子が表示電極側に移動して付着し、表示素子は黒色に表示された。

電圧印加に対する応答時間を測定したところ 1 msec であった。各表示において、電圧印加を停止して 1 日間放置したが、表示は保たれていた。

次に、印加電圧の電位反転を 1 万回繰り返したが、応答速度の変化は殆どなかった。

次に、図 1 に示す第 1 発明に係る画像表示装置に用いられている照射手段としての線状発光体 3 の構成及びその設置態様について、図 8 ～ 図 16 を参照して説明する。

図 8 ～ 12 は、線状発光体の具体例を示す図であり、図 8 は斜視図、図 9 は図

8の IX-IX 線に沿う断面図、図10は光伝送チューブの斜視図、図11は図10の XI-XI 線に沿う断面図、図12は図11の XII-XII 線に沿う断面図である。図13～15は光伝送チューブの配置例を示す平面図であり、図16は図15の XVI-XVI 線に沿う断面図である。

図8～12の線状発光体は、光伝送チューブ30の一端面に光源ユニット31が設けられたものである。なお、光伝送チューブ30の他端面には、必要に応じて反射体層が設けられ、不必要な光の漏洩が防止される。

光源ユニット31内には発光ダイオードが配置されている。この発光ダイオードは1個又は1種類であっても良いが、この実施の形態では、赤、青、黄の3個の発光ダイオード32、33、34が光伝送チューブ30の端面に対面するように設けられている。

この光伝送チューブ30は、コア35とこれを覆う管状クラッド36との間に、チューブの長手方向に延在する帯状の反射層37を形成したものである。なお、反射層37はコア35の表面から若干コア35の内部に侵入した状態で形成されていても良い。

反射層37は、光伝送チューブ30のうち光を放射すべきサイドと反対側のサイドに配置されている。この実施の形態では反射層37は、光伝送チューブ30のコア35を約半周する幅を有しており、光が反射層37側からは殆ど漏光しない構成となっている。

コア35を構成する材料（コア材）には、管状クラッド36を構成する材料（クラッド材）よりも屈折率が高い透明材料が用いられ、一般的には、プラスチック、エラストマー等の中から目的に応じて適宜選択使用される。

コア材の具体例としては、ポリスチレン、スチレン、メチルメタクリレート共重合体、（メタ）アクリル樹脂、ポリメチルペンテン、アリルグリコールカーボネート樹脂、スピラン樹脂、アモルファスポリオレフィン、ポリカーボネート、ポリアミド、ポリアリレート、ポリサルホン、ポリアリルサルホン、ポリエーテ

ルサルホン、ポリエーテルイミド、ポリイミド、ジアルキルフタレート、フッ素樹脂、ポリエステルカーボネート、ノルボルネン系樹脂（ARTON）、脂環式アクリル樹脂（オプトレツ）、シリコーン樹脂、アクリルゴム、シリコーンゴム等の透明材料が挙げられる（なお、「（メタ）アクリル」とは「アクリル及びメタクリル」を示す。）。

一方、クラッド材としては、屈折率の低い透明材料の中から選定することができ、プラスチックやエラストマー等の有機材料が挙げられる。

クラッド材の具体例としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルメタクリレート、フッ化ポリメチルメタアクリレート、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリ酢酸ビニル、ポリエチレンー酢酸ビニル共重合体、ポリビニルアルコール、ポリエチレンーポリビニルアルコール共重合体、フッ素樹脂、シリコーン樹脂、天然ゴム、ポリイソプレンゴム、ポリブタジエンゴム、スチレンーブタジエン共重合体、ブチルゴム、ハロゲン化ブチルゴム、クロロプレンゴム、アクリルゴム、エチレンープロピレンージエン共重合体（EPDM）、アクリロニトリルーブタジエン共重合体、フッ素ゴム、シリコーンゴム等が挙げられる。

上記のコア材、クラッド材のうち、透明性や屈折率等の光学特性及び同時押し出し加工性の面から、コア材としては、ポリスチレン、ポリカーボネート、スチレンー（メタ）アクリル共重合体（MSポリマー）等が好ましく、また、クラッド材としては（メタ）アクリル系ポリマー等が好ましい。

反射層は白色顔料や散乱材を含む（メタ）アクリル系ポリマーで形成することが好ましい。

ここで白色顔料や散乱材としては、シリコーン樹脂粒子やポリスチレン樹脂粒子等の有機ポリマー粒子、 $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 等の金属酸化物粒子、 $BaSO_4$ 等の硫酸塩粒子、 $CaCO_3$ 等の炭酸塩粒子等が挙げられ、これらの1種を単独で又は2種以上を併用して使用することができる。

反射効率や同時押し出し加工性等を考慮した場合、これら白色顔料や散乱材の



粒子の平均粒子径は0.1～200  $\mu\text{m}$ 程度特に0.5～50  $\mu\text{m}$ 程度であることが好ましく、また、反射層構成材料（反射材）中の含有量は0.5～20重量%程度特に1～10重量%程度であることが好ましい。

反射層37の厚さは特に制限されないが、10～200  $\mu\text{m}$ 特に50～100  $\mu\text{m}$ とすることが好適である。この厚さが薄すぎると反射される光が少なくなるため輝度が低くなり、厚すぎると反射される光が多くなり輝度が高くなるが、これは光源から近距離の場合で、更に光源から離れた所では逆に輝度が低くなる不利を伴う場合がある。

なお、コア35の直径は特に制限されないが、通常2～30 mm特に5～15 mm程度とされる。また、管状クラッド36の肉厚は通常0.05～4 mm特に0.2～2 mm程度とされる。

この光伝送チューブでは、光を放射しない周面（反射層37側の周面）を覆うように、管状クラッド36の外表面に反射性保護層を形成しても良い。このような反射性保護層を形成した光伝送チューブであれば、反射層37にピンホール等の欠陥がある場合、この欠陥部分を通して反射層37の裏側に漏洩する光や反射層37の側部から漏洩する光をこの反射性保護層で反射することにより光の損失を低減し、反射層37の反対側の輝度をより一層高めることができる。

この反射性保護層の構成材料としては、反射層37から漏れた光を外部に透過させず、また、この光を吸収せず、効率的に反射させるものが好ましく、具体的には、銀、アルミニウム等の金属箔や金属シート、或いは光を散乱する上記したような散乱性粒子を分散した塗膜等を用いることができる。

この光伝送チューブを製造するには、例えば3個のスクリー部を有する3軸押出機を用い、コア材、クラッド材、及び白色顔料又は散乱材を含む反射材を押出機に導入し、コア材を円柱状に、反射材をこの円柱状コア材の外周面上に複数の帯状に、かつクラッド材を上記コア材及び反射材を覆うチューブ状に同時に押し出せば良い。

この方法によれば、屈折率や物性の異なる３種の材料を同時に押し出し、３種の機能を持った積層構造体を一度に成形することができ、成形速度が速く、しかも各材料が軟化状態で積層されるため、各層間の密着性にも優れた光伝送チューブを効率的に製造することができる。

反射性保護層を形成する場合には、上記押し出し成形後に金属箔や金属シートを貼着したり、散乱性粒子を分散させた塗料を塗布したりすれば良いが、同時押し出しにより反射性保護層を形成することも可能である。

なお、この光伝送チューブは上記以外の方法で製造されても良い。

上記の発光ダイオード３２、３３、３４の１、２又は３個を点灯することにより光伝送チューブ３０から各種の色の光を放射させることができる。光源ユニット３１の発光ダイオード３２、３３、３４を１個だけ点灯させると、それらが混ざり合った中間の色の光が放射され、３個のダイオードを点灯させることにより白色の光が放射される。

もちろん、前記の通り、１個又は１種類の発光ダイオードのみを設置しても良い。

図１では、画像表示板２の一侧辺縁に沿って、このような線状発光体３を設けているが、線状発光体は、画像表示板２の対向二側辺縁に沿って設けても良く、また、三辺又は四辺に配設しても良い。

この場合、例えば、図１３に示す如く、光伝送チューブ３０の一端面に光源ユニット３１を設け、この光伝送チューブ３０の他端面から出た光を反射器３８ａで反射させて光伝送チューブ３０Ａの一端面に入射させ、この光伝送チューブ３０Ａの他端面から出た光を反射器３８ｂで反射させて光伝送チューブ３０Ｂの一端面に入射させるようにしても良い。この光伝送チューブ３０Ｂの他端面には反射体層３８が設けられている。各光伝送チューブ３０、３０Ａ、３０Ｂの一端面から入射された光は、光伝送チューブ３０、３０Ａ、３０Ｂの側周面から放射される。

また、図 1 4 のように、画像表示板 2 の各辺に独立してそれぞれ一端面に光源ユニット 3 1 を有した光伝送チューブ 3 0 を配置してもよい。各光伝送チューブ 3 0 の他端面には反射体層 3 8 を設けている。なお、図 1 3 と同様に画像表示板 2 の 3 辺にのみ光伝送チューブ 3 0 を配設しても良い。

また、図 1 5 のように、画像表示板 2 を周回するように一続きの長い光伝送チューブ 3 0 C を配設してもよい。この光伝送チューブ 3 0 C の一端面に光源ユニット 3 1 が設けられ、他端面に反射体層 3 8 が設けられている。なお、この光伝送チューブ 3 0 C が画像表示板 2 のコーナー部において屈曲している箇所にあつては、図 1 6 のように光伝送チューブ 3 0 C の全周を反射材層 3 9 で覆っており、画像表示板 2 のコーナー部が過度に明るく照明されたり、あるいは光伝送チューブの屈曲に伴う光漏洩発生を防止している。

この反射材層 3 9 及び反射体層 3 8 は、例えばアルミニウム等の金属箔を貼着したり、アルミニウム等の金属粉末入りのペーストの塗着などにより形成される。

本発明の画像表示装置はまた、照射手段として、このような線状発光体と、更に、画像表示板の画像表示面の前面に配置された導光板とを備え、この導光板の側面又は後面に向けて線状発光体から照射された光が、導光板で反射されて該画像表示面に照射されるように構成されたものであっても良い。

次に、このような導光板を設けた本発明の画像表示装置の構成について、図 1 7 ～図 2 1 を参照して説明する。

図 1 7 ～図 2 1 の画像表示装置では、画像表示板 2 の画像表示面に対面して導光板 4 1 ～4 5 が配置され、この導光板 4 1 ～4 5 の一側面に線状発光体 3 が設けられている。いずれの画像表示装置においても、線状発光体 3 から照射された光が導光板 4 1 ～4 5 で反射されて画像表示板 2 の画像表示面に照射される。

図 1 7 の画像表示装置の導光板 4 1 は、画像表示板 2 に対向する面（以下、この画像表示板 2 に対向する面を「後面」と称し、その反対側の面を「前面」と称

す場合がある。) 4 1 Bが梨地面とされたものであり、この梨地面により、導光板 4 1 の側面から入射した線状発光体 3 からの光が反射され、画像表示板 2 の画像表示面に照射される。

図 1 8 の画像表示装置の導光板 4 2 は、線状発光体 3 が設けられた側面から、対向側面に向けて厚さが薄くなる断面クサビ形状のものであり、前面 4 2 A が傾斜面、後面 4 2 B が平坦面となっている。そして、前面の傾斜面で、導光板 4 2 の側面から入射した線状発光体 3 からの光が反射され、画像表示板 2 の画像表示面に照射される。

図 1 9 の画像表示装置の導光板 4 3 は、前面 4 3 A が三角波形断面又は鋸歯状断面形状等のプリズム面よりなり、後面 4 3 B が平坦面となっている。この画像表示装置にあっても、線状発光体 3 からの光が導光板 4 3 の側面から入射され、前面 4 3 A のプリズム面によって反射され、後面 4 3 B から出射し、画像表示板 2 の画像表示面に照射される。

図 1 7 ~ 1 9 に示される導光板 4 1 ~ 4 3 は、アクリル樹脂 (PMMA)、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリノルボルネン、4-メチルペンテン-1 樹脂、アクリロニトリルスチレン樹脂、環状ポリオレフィン等の透明樹脂の合成樹脂の射出成形、押出成形、或いはキャスト法等により製造され、その厚さは、通常 0.1 ~ 2 mm 程度である。

図 2 0 の画像表示装置の導光板 4 4 は、透明樹脂中に、この透明樹脂とは異なる屈折率を有する透明微粒子 (以下「光散乱粒子」と称す場合がある。) を分散させた光散乱板により構成されたものである。

マトリックスとしての透明樹脂としては、アクリル樹脂 (PMMA)、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリノルボルネン、4-メチルペンテン-1 樹脂、アクリロニトリルスチレン樹脂、環状ポリオレフィンなどが挙げられる。

光散乱粒子は、このような透明樹脂の屈折率とは異なる屈折率を持つことが必要であり、これにより良好な光散乱性を発揮する。この場合、この光散乱粒子の

屈折率は、使用する透明樹脂の屈折率に対して0.01～0.5、より好ましくは0.02～0.2程度大きいか、或いは小さいことが好ましい。

この光散乱粒子としては、ガラス繊維、ガラスビーズ、タルク、シリカ、アルミナ、マグネシア、亜鉛華、炭酸カルシウム、硫酸バリウム、チタン白、水酸化アルミニウム、マイカ、長石粉、石英粉などの無機系微粒子、シリコーン樹脂、フッ素樹脂、エポキシ樹脂、スチレン系架橋樹脂などの有機系微粒子が使用でき、これらの1種を単独で又は2種以上を併用して用いることができるが、これらの中では透明性の点からシリコーン樹脂が好ましい。

なお、光散乱粒子の平均粒子径は0.2～10 $\mu$ m、特に0.2～5 $\mu$ mであることが好ましい。

光散乱粒子の配合量は、透明樹脂100重量部に対し0.01～0.8重量部、特に0.02～0.4重量部であることが好ましい。この配合量が0.01重量部より少ないと良好な光散乱効果が得られず、0.8重量部より多いと導光性能が失われ、均一な発光が得られない。

このような光散乱板を用いる場合、光散乱板は、図20に示すように、均一厚さの板状であっても良く、また、図18に示す導光板42のような断面クサビ形状であっても良く、図19に示す導光板43のようなプリズム形状を有していても良い。

この画像表示装置であっても、導光板44の側面から入射した線状発光体3からの光は、導光板44の光散乱粒子で散乱され、導光板44の後面から出射して画像表示板2の画像表示面に照射される。

図21の画像表示装置の導光板45は、基板に、光を画像表示板の画像表示面に向けた反射する散点状又は線状の反射層が設けられ、更にこの反射層の視方向面（前面側）に暗色層が設けられたものであり、導光板45の側面から入射した線状発光体3からの光は、導光板45の反射層で反射され、導光板45の後面から出射して画像表示板2の画像表示面に照射される。

この導光板 4 5 は、反射層の配置や大きさ等を変更することにより、導光板から出射される光量分布を任意に変更することができ、後面から出射される光量分布の均一な導光板を容易に設計することができる。また、暗色層を設けているため、基板の前面に当たった光の反射光量が低減される。

以下に、この図 2 1 の画像表示装置で用いられている導光板 4 5 の構成を、図 2 2 を参照して説明する。図 2 2 は、導光板 4 5 の拡大断面図であり、この導光板 4 5 では、基板 5 1 の前面に凹部 5 2 が形成されている。この凹部 5 2 に反射層 5 3 及び暗色層 4 4 が設けられている。反射層 5 3 は凹部 5 2 の奥側に設けられ、暗色層 5 4 は凹部 5 2 の入口側に配置され、暗色層 5 4 は基板 5 1 の前面と面一状となっている。

この導光板 4 5 では、線状発光体 3 から基板 5 1 の側面に入射した光が、反射層 5 3 で反射され、基板 5 1 の後面から出射し、画像表示板 2 の画像表示面に照射される。

このように凹部内に反射層及び暗色層を設けた導光板であれば、基板の前面が平坦となり、後述のインク又は塗料によって形成された反射層及び暗色層を剥離にくくすることができ、耐久性が高められる。

なお、凹部内には反射層の一部のみが入り込むようにしても良く、反射層の全部と暗色層の一部のみが入り込むようにしても良いが、上記剥離防止効果を得る上では、反射層及び暗色層を凹部内に配置して、基板の前面から非突出とすることが好ましい。暗色層が凹部内に凹むように設けられてもよい。

この凹部は凹穴状であってもよく、凹溝状であってもよい。凹穴状のものは、基板面に散点状に多数に形成される。また、凹溝状のものであれば、所定のピッチ（このピッチは部分的に変化するものであっても良い。）で基板面に形成される。

凹部の断面（基板の板面に垂直な面に沿う断面）形状としては、特に制限はなく、図 2 に示すような断面四角形状の凹部の他、断面半円形状（半楕円形状も含

む。)の凹部、断面台形状の凹部、断面三角形状の凹部等が例示されるが、これら以外であっても良い。

凹部の断面形状は、奥側ほど狭まるものが好適であり、具体的には、凹穴状の凹部の場合、例えば、円錐形状、角錐形状、半球形状、時計皿形状、台形穴形状が好適である。

このような、奥側ほど狭まる凹部を設けた場合には、基板の板面に対する投影面において、反射層の面積よりも暗色層の面積を大きくすることができ、暗色層による反射光の遮蔽効果を十分に得ることができ、画像表示面の視認性を高めることができる。また、基板の側面から光が導入される場合において、基板内の凹部の側面で線状発光体からの光が基板の後面側へ反射されて、画像表示面へ向け出射される光量が増え、効果的である。

このように基板の凹部内に反射層及び暗色層を形成した導光板は、次のようにして製造することができる。

まず、平板状の基板に切削又はエッチング等により凹部を形成するか、或いは、基板の射出成形時に凹部を有する基板を成形する。次に、基板の凹部内にインク又は塗料により反射層を形成し、その上に同様にして暗色層を形成する。最後に基板の表面全体をクロスでふき取るか、表面層を薄く切削することにより凹部以外の部分に付着したインクや塗料を除去する。

この基板の材質としては、アクリル、塩化ビニル、ポリカーボネート、シリコン樹脂等の透明樹脂板や、PET、ポリエチレン、塩化ビニル等の透明フィルムが例示され、その厚さは好ましくは30～2000 $\mu$ m程度である。

反射層は、例えば酸化チタン、シリカ、アルミナなどの白色顔料を樹脂媒体中に分散させたものを用いて形成できる。暗色層は、例えばカーボンブラック等の黒色粒子を樹脂媒体中に分散させたものと用いて形成できる。

このように、基板に反射層及び暗色層を設けた導光板は、反射層の視方向面に暗色層を設けたものであれば良く、何ら図22の構成のものに限定されない。

即ち、反射層は図 2 2 の如く基板の前面側に設けられていても良く、後面側に設けられていても良い。反射層の視方向面に設けられている暗色層、好ましくは黒色層は、反射層が基板の前面に配置される場合、この反射層の前面側を覆うように設けられる。また、反射層が基板の後面に配置される場合は、暗色層は、反射層と基板との間に設けられる。反射層は基板の凹部に設ける例に限定されず、基板面に設けても良い。即ち、例えば基板の前面側の板面上に反射層を形成し、この反射層上に暗色層を形成しても良い。また、基板の後面側の板面上に暗色層を介して反射層を形成しても良い。反射層及び暗色層の厚さが薄い場合には、このように、基板上に反射層及び暗色層を形成するのが、基板に凹部を形成する必要がなく好ましい。反射層及び暗色層を形成するのが、反射層及び暗色層の突出による不具合がない点で好ましい。

反射層は、その配置形態により、インクや塗料ではなく、金属の蒸着により形成することもできる。

基板は透明基板であっても良く、前面側が透明層で、後面側が前述の光散乱粒子を含有した光散乱層の積層基板であっても良い。このような積層基板であれば、基板に入射した光が光散乱層で散乱され、反射層で反射されて基板後面から出射したり、散乱光がそのまま基板後面から出射するようになり、後面からの出射光量が多くなる。基板はまた、このような光散乱層のみで構成される光散乱基板であっても良い。

このような導光板では、線状発光体から離隔するほど反射層の配置密度を高くすることにより、後面からの光量分布を均一化することができる。例えば、方形の基板の一側面に線状発光体を設けるときには、この側面から遠ざかるほど反射層の配置密度を高くする。方形の基板の対向二側面に線状発光体を設けるときには、この二側面から遠ざかるほど反射層の配置密度を高くし、二側面の中間において配置密度を最も高くする。

この導光板では、反射層及び暗色層を設ける基板をフィルムにて構成し、この



フィルムを透明樹脂中に封入してもよい。

なお、図 17～22 に示すいずれの導光板 41～45 にあっても、その前面側に保護フィルムを設けても良い。特に、図 22 のように、基板の前面側に反射層及び暗色層を設けた導光板にあつては、このような保護フィルムを設けることにより耐久性を高めることができる。

なお、導光板を設けた実施の形態として、図 17～21 では線状発光体を導光板の一側面にのみ設けたものを例示したが、線状発光体は、導光板の対向二側面、或いは三側面、或いは四側面に設けても良い。また、線状発光体は、導光板の側面に設ける他、導光板の後面側の側部に設け、導光板の後面側から線状発光体からの光が照射されるようにしても良い。

線状発光体を導光板の一側面にのみ設けた場合、図 18 に示す如く、導光板を線状発光体から遠ざかるにつれて漸次薄肉になる断面クサビ形状とすることにより、画像表示板の画像表示面に対して均一な光を照射することができ、好ましい。線状発光体を導光板の対向二側面に設ける場合、同様の理由から、この対向二側面から導光板の中央部に向けて漸次薄肉となるような断面が両端クサビ形状の導光板としても良い。

本発明において、画像表示板、線状発光体の光伝送チューブ及び導光板をすべて柔軟性のものとすることにより、電子ペーパー等への応用が可能となる。この場合、各構成部材に次のような材料を用い、必要な可撓性を得ることが好ましい。

画像表示板の基板材料：PET、アクリル樹脂、シリコン樹脂等

光伝送チューブ：クラッド材としてフッ素樹脂、コア材としてシリコン樹脂等

導光板：シリコン樹脂、アクリル樹脂、アクリルゴム等

本発明の画像表示装置はまた、画像表示面を両面に有するものであっても良い。両面画像表示板の場合、例えば、図 2～6 に示すような画像表示板を画像表示

面を外側にして2枚貼り合わせて用いれば良い。また、図6に示すように、一方の基板に負帯電性粒子が、他方の基板に正帯電性粒子がそれぞれ付着して画像表示するものであれば、一枚の画像表示板で両面表示（ただし、表示される色は表裏で異なるものとなる。また、基板及び電極として透明なものを用いる必要がある。）が可能である。

このような両面画像表示板の場合、光照射手段はその両方の画像表示面に対して光を照射するように設けても良く、一方の画像表示面にのみ光を照射するように設けても良い。

次に、上述した第1発明に係る画像表示装置の好適例として、導光板にV溝を設けた例について説明する。

図23（a）、（b）はそれぞれ本発明の第1発明に係る画像表示装置の好適例の構成の一例を示す側面図及び斜視図である。図23（a）、（b）に示す例において、本発明の画像表示装置101は、電極間の帯電性粒子を、電極への印加電圧により移動させることにより画像を表示する画像表示手段としての画像表示板102と；画像表示板102の画像表示面103に対して光を照射する照射手段であって、画像表示板102の辺縁に沿って延在する線状発光体104と、画像表示板102の画像表示面103の前面に設置された導光板105と、を備え、導光板105の側面又は後面に向けて線状発光体104から照射された光が、導光板105で反射されて画像表示面103に照射される照射手段106と；を備えて構成されている。以上の構成は従来の画像表示装置と同じ構成である。

本発明の第1発明に係る画像表示装置の好適例における特徴は、図24に本発明の画像表示装置を構成する導光板105の一部を示すように、導光板105の表面（ここでは、画像表示面103に向く面と反対側の面）に、線状発光体104から照射された光を画像表示面103に反射するために使用されるプリズム面107aを有するV溝107を複数設け、各V溝107のプリズム面107aのV溝角度 $\alpha$ を $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ としたことにある。ここで、V溝角度 $\alpha$ とは、図

25に導光板105の部分を拡大して示す図から明らかなように、画像表示板102の画像表示面103と平行な面に対しプリズム面107aが有する角度のことをいう。本発明の画像表示装置101では、このようにV溝角度 $\alpha$ を25°～40°と限定することで、透明な導光板105における光の反射効率を高めることができ、画像表示面103に対して光をより効果的に照射することができる。なお、V溝角度 $\alpha$ は25°～35°であることが好ましい。また、104aは線状発光体104を囲む反射板である。

次に、本発明の画像表示装置101において、V溝角度 $\alpha$ を25°～40°とすることができる作用効果について、液晶ディスプレイの場合と比較して、より詳細に説明する。

図26は画像表示装置への入射光の角度を15°～85°まで変化させた際の各画像表示装置の反射率の変化を表したグラフである。図26に示す例では、本発明の画像表示装置の例及び液晶ディスプレイの例とともに、反射率の高い基準となる例として再生し5枚を重ねた例も測定した。図26に示した結果は、図27に示す反射率の入射角度依存性測定装置を用いて求めた。図27において、108は反射率測定装置、109は光源、110は照明手段の無い画像表示装置である。0°方向に反射率測定装置108を配置したため0°から15°は測定できないため、図26の結果において、15°の反射率を100としてそれに対する反射率を求めた。

図28は線状発光体から導光板への入射角度を変化させた場合のV溝角度 $\alpha$ と導光板の効率との関係を示すグラフである。線状発光体から出射する光の角度分布は0°付近に集中した角度分布が望ましい。ところが、図29に示すように、光源の角度分布にひろがりがあり、線状発光体の角度分布もひろがりを持っている。このひろがりのうち大きな角度を持つ光はディスプレイ側に投射されず視認者側に抜けてしまうため、ディスプレイに投射する光の効率が低下したり、視認性が低下したりするなどの問題が発生する。ところが、ディスプレイの補助光

源という限られたスペースとコストの中で設計を行う場合、線状発光体の光を完全に制御するのは不可能である。そのため、効率が低くても分布を持った線状発光体を使わざるを得ないのが現状である。

特に、液晶ディスプレイは、図26に示したように、ディスプレイへの入射角度が小さい（ディスプレイの表示面に対し光が垂直に近い状態で入射する）ところでのみ反射率が高いので、光を $0^\circ$ 付近に照射するよう導光板のV溝角度は $45^\circ$ 前後とする必要がある。この場合、図28に示した通り、投光板の効率は低く導光板への入射角度が $9^\circ$ の場合でも効率は60%であり、入射角度が $18^\circ$ の場合では効率は30%程度まで落ちる。ところが、本発明の画像表示装置の場合、入射角度を高く（ディスプレイの表示面に対し光が水平に近い状態で入射するよう）設定しても図26に示したように反射率低下がないため、V溝角度 $\alpha$ を $40^\circ$ 以下に設定することができる。V溝角度が $40^\circ$ での導光板の効率は、入射角度 $9^\circ$ で100%であり、入射角度 $18^\circ$ でも68%とV溝角度 $45^\circ$ の導光板に対して効率が大きく向上していることが判る。従って、本発明の画像表示装置のように、V溝角度 $\alpha$ を $25^\circ \sim 40^\circ$ とできると、V溝角度が大きいことに起因する効率の低下、漏れ光による視認性の低下などの問題を解消でき、その効果は大きい。よって、印刷物へも適用できる。

次に、反射率の視野角依存性について説明する。視野角は、図30に示す反射率の視野角特性測定装置（図5に示す入射角依存性測定装置と構成は同じであり、同じ符号を付す）を用いて、図示のように光源109の角度一定（ $20^\circ$ ）の状態で反射率測定装置108を移動させて測定する。測定した反射率について $0^\circ$ の反射率を1に換算した反射率の角度依存性を図31に示す。ディスプレイの場合、通常 $0^\circ$ に最大値がある左右対称の山形になる。ここでは+方向だけを示している。図31の結果から、白表示した際の視野角が、半値幅で片側 $40^\circ$ 以上となることが好ましいことがわかる。すなわち、半値幅とは反射率最大値に対して50%の値を示す角度の範囲のことで、図31から、液晶ディスプ

レイは半値幅が $38^{\circ}$ であり、本発明の画像表示装置は半値幅が $79^{\circ}$ である。

以下、図23～図31を参照して説明した本発明の第1発明に係る画像表示装置の好適例における実施例および比較例を示して、本発明を更に具体的に説明する。但し本発明は以下の実施例により限定されるものではない。

#### 実施例1

以下に示す線状発光体、導光板、画像表示板からなる図23、図24に示す構成の画像表示装置を作製した。

##### [線状発光体]

図29に示す角度分布を有する線状発光体を作製した。線状発光体の構成は、中心から、コア、クラッド、反射層からなる直径2mmの3層構造を有しており、両端に白色LEDを取り付けた構成であった。

##### [導光板]

図24に示す構成でV溝角度 $40^{\circ}$ の導光板（材質：JSR社アトーン）を作製した。平面寸法は $70 \times 70$ mmで、厚みは、V溝部分以外が1.0mmで、V溝部分が $1.0 \rightarrow 0.8$ mmの楔形であった。V溝の無い面にはAR（Anti Reflection）処理を施した。V溝ピッチは $175 \mu\text{m}$ であった。

##### [前記①の帯電性粒子を用いた画像表示板]

図2に示す構成の表示素子をもつ画像表示板を作製した。透明基板及び対向基板としてガラス基板（厚み2mm）を用い、表示電極はITO電極を、対向電極は銅電極とした。それぞれの電極の表面に付着防止と電荷漏洩防止のために、絶縁性のシリコン樹脂を約 $3 \mu\text{m}$ の厚さにコートした。このシリコン樹脂は正帯電性のものを用いた。負帯電性粒子としては、電子写真用黒色重合トナー（平均粒径 $8 \mu\text{m}$ の球形、表面電荷密度 $-40 \mu\text{C}/\text{m}^2$ 、前記の表面電位測定による0.3秒後における表面電位の最大値 $450 \text{V}$ ）を用いた。隔壁の高さ（基板間距離）を $200 \mu\text{m}$ として、負帯電性粒子の充填量は、空間容積の30%とし

た。隔壁により囲まれた空間は $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ （基板間距離）である。カラー板には白色の樹脂板を用いた。この画像表示板を白表示させ図27に示した方法で反射率の入射角依存性を測定したところ、図26の本画像表示装置と同様の結果であった。また、図30に示した反射率の視野角測定装置にて反射率の視野角特性を測定したところ、半値幅は $79^\circ$ であった。また、 $0^\circ$ （画像表示装置正面）での反射率は20%であった。

準備した画像表示板を白表示させ、その上に点灯した線状発光体と導光板を置き、画像表示板正面より輝度計（トプコン社製BM7）により輝度を測定したところ $30\text{cd}/\text{m}^2$ であった。

## 実施例2

以下に示す線状発光体、導光板、画像表示板からなる図23、図24に示す構成の画像表示装置を作製した。

### 〔線状発光体〕

図29に示す角度分布を有する線状発光体を作製した。線状発光体の構成は、中心から、コア、クラッド、反射層からなる直径2mmの3層構造を有しており、両端に白色LEDを取り付けた構成であった。

### 〔導光板〕

図24に示す構成でV溝角度 $40^\circ$ の導光板（材質：JSR社アトーン）を作製した。平面寸法は $70 \times 70\text{mm}$ で、厚みは、V溝部分以外が1.0mmで、V溝部分が $1.0 \rightarrow 0.8\text{mm}$ の楔形であった。V溝の無い面にはAR（Anti Reflection）処理を施した。V溝ピッチは $175\mu\text{m}$ であった。

### 〔前記②の帯電性粒子を用いた画像表示板〕

図5に示す構成の表示素子をもつ画像表示板を作製した。透明基板としてガラス基板（厚み1.1mm）を用い、対向基板にはガラス基板（厚み1.1mm）を用い、表示電極はITO電極とし、対向電極は銅電極とした。それぞれの電極の表面に付着防止と電荷漏洩防止のために、絶縁性のシリコン樹脂を約 $3\mu\text{m}$

の厚さにコートした。隔壁の高さ（基板間距離）を  $50\ \mu\text{m}$ 、幅を  $20\ \mu\text{m}$  とし、帯電性粒子の合計の充填量は、空間容積の  $70\%$  とした。隔壁により囲まれた空間は  $350\ \mu\text{m} \times 350\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ （基板間距離）であった。

帯電性粒子としては、以下の黒色粒子と白色粒子とを準備した。黒色粒子は、アクリルウレタン樹脂EAU53B（亜細亜工業製）／IPDI系架橋剤エクセルハードナーHX（亜細亜工業製）にカーボンブラック（CB）4 phr、荷電制御剤ポントロンN07（オリエント化学製）2 phrを添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎分級して粒子を作製した。黒色粒子の平均粒子径は  $9.2\ \mu\text{m}$  であった。白色粒子は、アクリルウレタン樹脂EAU53B（亜細亜工業製）／IPDI系架橋剤エクセルハードナーHX（亜細亜工業製）に酸化チタン10 phr、荷電制御剤ポントロンE89（オリエント化学製）2 phrを添加し、混練り後、ジェットミルにて粉碎分級して粒子を作製した。白色粒子の平均粒子径は  $7.1\ \mu\text{m}$  であった。黒色の負帯電性粒子と白色の正帯電性粒子の割合は  $1:1$  とした。この画像表示板を白表示させ図27に示した方法で反射率の入射角依存性を測定したところ、図26の本画像表示装置と同様の結果であった。また、図30に示した反射率の視野角測定装置にて反射率の視野角特性を測定したところ、半値幅は  $79^\circ$  であった。また、 $0^\circ$ （画像表示装置正面）での反射率は  $35\%$  であった。

準備した画像表示板を白色表示させ、その上に準備した線状発光体と導光板を置き明るさを測定したところ  $50\ \text{cd}/\text{m}^2$  であった。

### 実施例 3

実施例1と同じ画像表示装置と線状発光体を用い、V溝角度  $25^\circ$  の導光板を用いて実施例1と同様に正面輝度を測定したところ、 $30\ \text{cd}/\text{m}^2$  であった。

### 実施例 4

実施例2と同じ画像表示装置と線状発光体を用い、V溝角度  $25^\circ$  の導光板

を用いて実施例 1 と同様に正面輝度を測定したところ、 $50 \text{ cd/m}^2$ であった。

#### 比較例 1

実施例 1 と同じ線状発光体と画像表示装置を用い、V 溝角度  $41^\circ$  の導光板を用いて実施例 1 と同様に正面輝度を測定したところ、 $25 \text{ cd/m}^2$ であった。

#### 比較例 2

実施例 1 と同じ線状発光体と画像表示装置を用い、V 溝角度  $24^\circ$  の導光板を用いて実施例 1 と同様に正面輝度を測定したところ、 $25 \text{ cd/m}^2$ であった。

#### 比較例 3

実施例 2 と同じ線状発光体と画像表示装置を用い、V 溝角度  $41^\circ$  の導光板を用いて実施例 1 と同様に正面輝度を測定したところ、 $42 \text{ cd/m}^2$ であった。

#### 比較例 4

実施例 2 と同じ線状発光体と画像表示装置を用い、V 溝角度  $24^\circ$  の導光板を用いて実施例 1 と同様に正面輝度を測定したところ、 $42 \text{ cd/m}^2$ であった。

#### 比較例 5

実施例 2 と同じ線状発光体及び導光板を用い、白表示した液晶表示装置（市販されている反射型液晶）の明るさを測定したところ、 $12 \text{ cd/m}^2$ であった。

上述した本発明の第 1 発明に係る画像表示装置によれば、画像表示手段の画像表示面に対して光をより効果的に照射する照射手段を備えるため、表示された画像の視認性に優れる。特に、帯電性粒子を電極間で移動させることにより画像を表示する画像表示手段、とりわけ帯電性粒子を静電力により電極間を移動させる画像表示手段であれば、画像表示・消去の応答速度が速く、その繰り返し安定性



、耐久性にも優れる。しかも、このような画像表示手段と照射手段とで主に構成される本発明の画像表示装置は、簡易な構造で安価に提供される。

#### ＜第2発明の説明＞

次に、本発明の第2発明に係る画像表示装置について説明する。なお、第2発明に係る画像表示装置においても、上述した画像表示装置の構成を有し、上述した粒子群及び粉流体を利用する点は同じである。

本発明の第2発明に係る画像表示装置の特徴は、上述した構成の画像表示板において、透明基板の外側表面または内側表面にカラーフィルタを設け、透明基板の存在する面にカラー表示する点である。

具体的には、画像の1画素を例えば図6に示す画像表示素子の3単位（3の倍数であれば良い）で構成し、図32（a）、（b）に示すように、画像表示板161を構成する各画像表示素子162の透明基板151の外側表面にR、G、Bのカラーフィルタ163R、163G、163Bを設置し、例えば、負帯電性粒子155を白色、正帯電性粒子156を黒色とする。この場合は、各画像表示素子162において表示電極153と対向電極154との電極対で発生する電界の向きおよび強さを制御することで、画像表示板161のカラーフィルタ163R、163G、163Bを設置した面にカラー表示させることができる。

カラー表示において、黒色は、画像表示素子162のカラーフィルタ163R、163G、163Bを設けた側のすべての面に黒色の粒子が存在するよう制御して黒色を表示することで、白色は、画像表示素子162のカラーフィルタ163R、163G、163Bを設けた側のすべての面に白色の粒子が存在するよう制御してRGBを合成した白色を表示することで、カラーは、画像表示素子162のカラーフィルタ163R、163G、163Bを設けた側の白色粒子の量を各別に制御してRGBを合成したカラーを表示することで、それぞれ表示することができる。

なお、上述した例では、透明基板151の外側表面にカラーフィルタ163R

、163G、163Bを設置した例について説明したが、透明基板151の内側表面にカラーフィルタ163R、163G、163Bを設置しても、同様の効果を得られることは明らかである。この際、カラーフィルタ163R、163G、163Bの設置位置は、透明な表示基板153の外側でも内側でも良い。また、上述した例では、透明基板151に表示電極を設け、対向基板152に対向電極154を設けた図6に示す構成の画像表示板の例について説明したが、対向基板に表示電極と対向電極を設けた図5に示す構成の画像表示板でも、同様の効果を得られることは明らかである。

また、上述した第2発明に係る画像表示装置の説明では、粒子群による画像表示を例（第1実施例）にとって説明したが、全く同じ説明を、粉流体（第2実施例）に対しても同様に適用することができる。

上述した本発明の第2発明に係る画像表示装置によれば、透明基板の外側表面または内側表面に画像表示素子毎にR（赤色）、G（緑色）またはB（青色）の色の異なるカラーフィルタを設けている。そして、カラー表示の1画素を、少なくとも各別にR、G、Bのカラーフィルタを設けた3個の画像表示素子で構成し、粒子群あるいは粉流体の一方を白色他方を黒色とし、表示面に白色の粒子群あるいは粉流体を存在させることでカラーフィルタのR、GまたはBの色を表示する一方、表示面に黒色の粒子群あるいは粉流体を存在させることで黒色を表示することで、カラー表示させることができる。これにより、高品位のカラー画像表示を実現することができる。

本発明の第1発明及び第2発明に係る画像表示装置は、ノートパソコン、PDA、携帯電話等のモバイル機器の画像表示部、電子ブック、電子新聞等の電子ペーパー、看板、ポスター、黒板等の掲示板、コピー、プリンター用紙代替のリライタブルペーパー、電卓、家電製品、自動車用品等の画像表示部、電子広告、電子POP等に用いられる。

産業上の利用可能性

以上の説明から明らかなように、本発明の第1発明に係る画像表示装置によれば、画像表示手段の画像表示面に対して光をより効果的に照射する照射手段を備えるため、表示された画像の視認性に優れる。特に、帯電性粒子を電極間で移動させることにより画像を表示する画像表示手段、とりわけ帯電性粒子を静電力により電極間を移動させる画像表示手段であれば、画像表示・消去の応答速度が速く、その繰り返し安定性、耐久性にも優れる。しかも、このような画像表示手段と照射手段とで主に構成される本発明の画像表示装置は、簡易な構造で安価に提供される。

また、本発明の第2発明に係る画像表示装置によれば、透明基板の外側表面または内側表面に画像表示素子毎にR（赤色）、G（緑色）またはB（青色）の色の異なるカラーフィルタを設けている。そして、カラー表示の1画素を、少なくとも各別にR、G、Bのカラーフィルタを設けた3個の画像表示素子で構成し、粒子群あるいは粉流体の一方を白色他方を黒色とし、表示面に白色の粒子群あるいは粉流体を存在させることでカラーフィルタのR、GまたはBの色を表示する一方、表示面に黒色の粒子群あるいは粉流体を存在させることで黒色を表示することで、カラー表示させることができる。これにより、高品位のカラー画像表示を実現することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. 電極間の帯電性粒子群を、該電極への印加電圧により移動させることにより画像を表示する画像表示手段と、該画像表示手段の画像表示面に対して光を照射する照射手段と、を備えてなることを特徴とする画像表示装置。
2. 前記粒子群は、色及び帯電性が同一の粒子より構成されるものである請求項1に記載の画像表示装置。
3. 前記粒子群は、色及び帯電性の異なる複数種類の粒子より構成されるものである請求項1に記載の画像表示装置。
4. 前記粒子群は、隔壁で区画された空間内に配置されている請求項1～3のいずれか1項に記載の画像表示装置。
5. 前記隔壁は前記空間を囲む4周に配置され、前記画像表示手段は、前記隔壁により区画形成された多数の画素を有する請求項4に記載の画像表示装置。
6. 前記空間のうち画像表示面側に第1の電極が設けられ、それと反対側に第2の電極が設けられている請求項4または5に記載の画像表示装置。
7. 前記空間のうち画像表示面と反対側に第1の電極と第2の電極との双方がそれぞれ設けられている請求項4または5に記載の画像表示装置。
8. 前記空間内に気体が封入されている請求項4～7のいずれか1項に記載の画像表示装置。
9. 前記空間内は、 $10^5 \sim 10^{-4}$  Paの減圧状態となっている請求項4～8のいずれか1項に記載の画像表示装置。
10. 前記照射手段が前記画像表示手段の辺縁に沿って延在する線状発光体を備える請求項1～9のいずれか1項に記載の画像表示装置。
11. 前記照射手段は、前記画像表示手段の画像表示面の前面に導光板を備え、該導光板の側面又は後面に向けて前記線状発光体から照射された光が、該導光板で反射されて該画像表示面に照射される請求項10に記載の画像表示装置。

12. 前記導光板は、側面又は後面から光が導入される基板と、該基板に設けられた、光を前記画像表示面に向けて反射する散点状又は線状の反射層と、該反射層の視方向面に設けられた暗色層とを有する請求項11に記載の画像表示装置。

13. 前記導光板の表面に、前記線状発光体から照射された光を前記画像表示面に反射するために使用するプリズム面を有するV溝を設け、該V溝のプリズム面の前記導光板の表面に対する角度であるV溝角度を $25^{\circ} \sim 40^{\circ}$ とした請求項11に記載の画像表示装置。

14. 白表示した際の反射特性が、入射光の角度を $15^{\circ} \sim 90^{\circ}$ に変化させ $15^{\circ}$ のときの反射率を1としたとき反射率0.5となる角度が $40^{\circ}$ 以上となる請求項13に記載の画像表示装置。

15. 白表示した際の視野角が、半値幅で片側 $40^{\circ}$ 以上となる請求項13に記載の画像表示装置。

16. 前記画像表示手段及び照射手段は柔軟性を有する請求項1～15のいずれか1項に記載の画像表示装置。

17. 前記画像表示手段は、その両面に画像表示面を有する請求項1～16のいずれか1項に記載の画像表示装置。

18. 前記粒子群として、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を用いる請求項1～17のいずれか1項に記載の画像表示装置。

19. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板の間に色および帯電特性の異なる2種類以上の粒子群を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粒子群に電界を与えて、前記粒子を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の透明基板の外側表面または内側表面にカラーフィルタを設け、カラー表示させることを特徴とする画像表示装置。

20. 粒子の平均粒子径が0.1～50  $\mu\text{m}$ である請求項19に記載の画像表示装置。

21. キャリヤを用いてブローオフ法により測定した粒子の表面電荷密度が、絶対値で5～150  $\mu\text{C}/\text{m}^2$ である請求項19または20に記載の画像表示装置。

22. 粒子が、その表面と1mmの間隔をもって配置されたコロナ放電器に、8KVの電圧を印加してコロナ放電を発生させて表面を帯電させた場合に、0.3秒後における表面電位の最大値が300Vより大きい粒子である請求項19～21のいずれか1項に記載の画像表示装置。

23. 少なくとも一方が透明な対向する2枚の基板間に、気体中に固体状物質が分散質として安定に浮遊するエアロゾル状態で高流動性を示す粉流体を封入し、前記基板の一方または双方に設けた電極からなる電極対から前記粉流体に電界を与えて、前記粉流体を移動させて画像を表示する画像表示板を具備する画像表示装置であって、画像表示板の透明基板の外側表面または内側表面にカラーフィルタを設け、カラー表示させることを特徴とする画像表示装置。

24. 粉流体の最大浮遊時の見かけ体積が未浮遊時の2倍以上である請求項23に記載の画像表示装置。

25. 粉流体の見かけ体積の時間変化が次式を満たすものである請求項23または24に記載の画像表示装置。

$$V_{10}/V_5 > 0.8$$

なお、 $V_5$ は最大浮遊時から5分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ )、 $V_{10}$ は最大浮遊時から10分後の粉流体の見かけ体積 ( $\text{cm}^3$ ) を示す。

26. 粉流体を構成する粒子物質の平均粒子径  $d$  (0.5) が0.1～20  $\mu\text{m}$ である請求項23～25のいずれか1項に記載の画像表示装置。

FIG. 1a

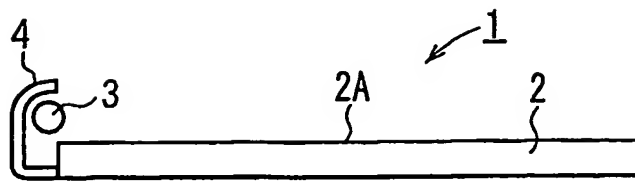


FIG. 1b

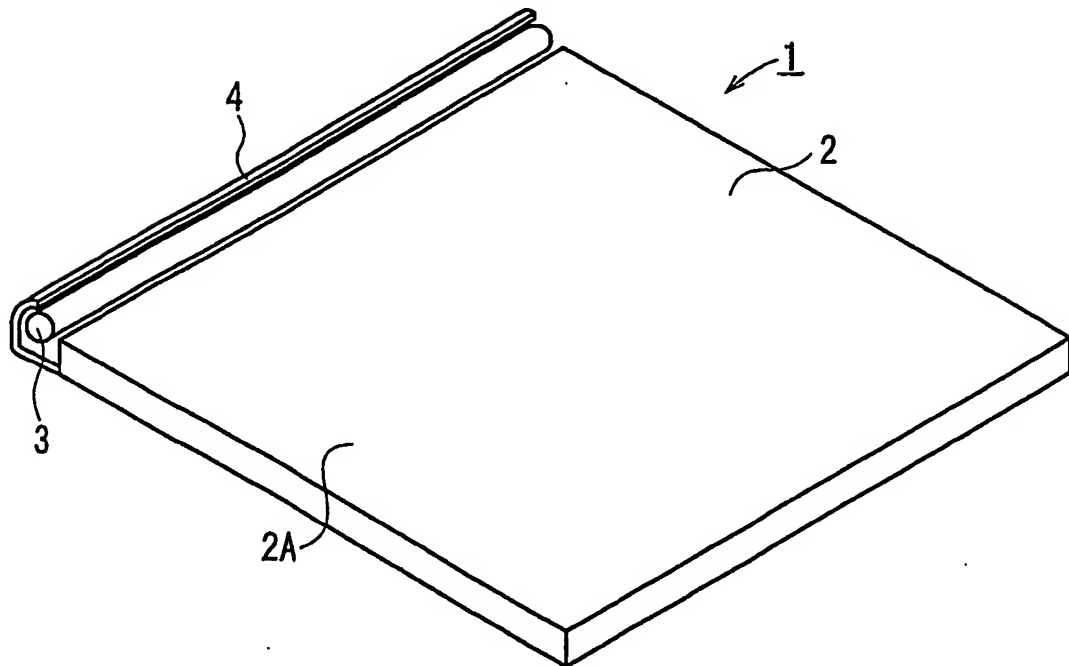


FIG. 1c

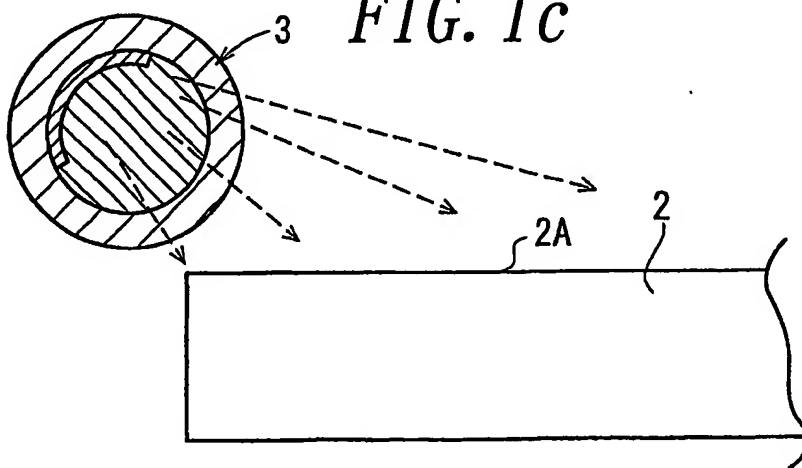


FIG. 2a

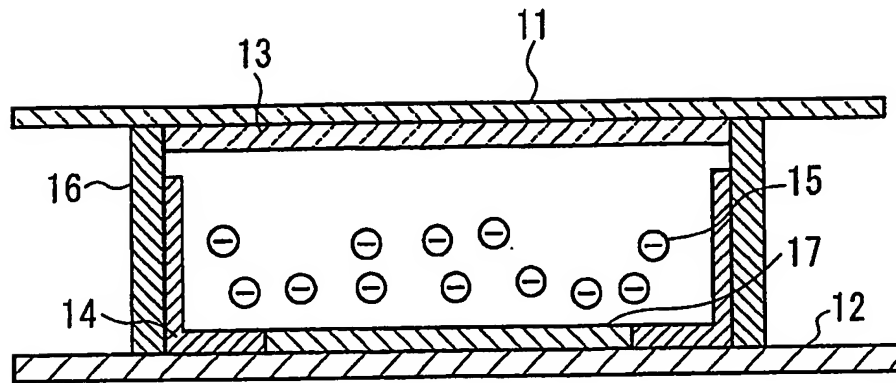


FIG. 2b

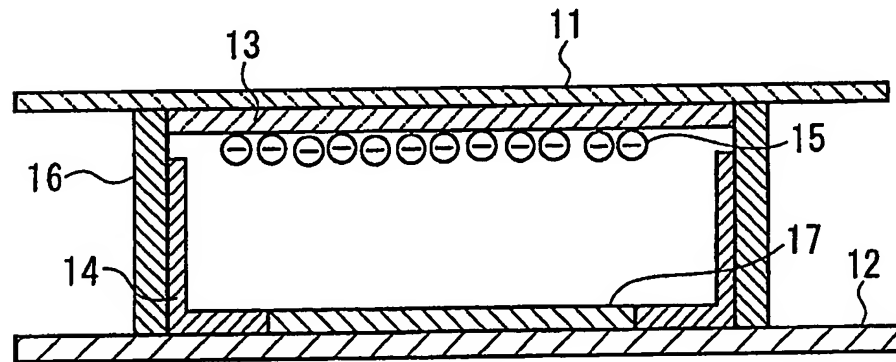


FIG. 2c

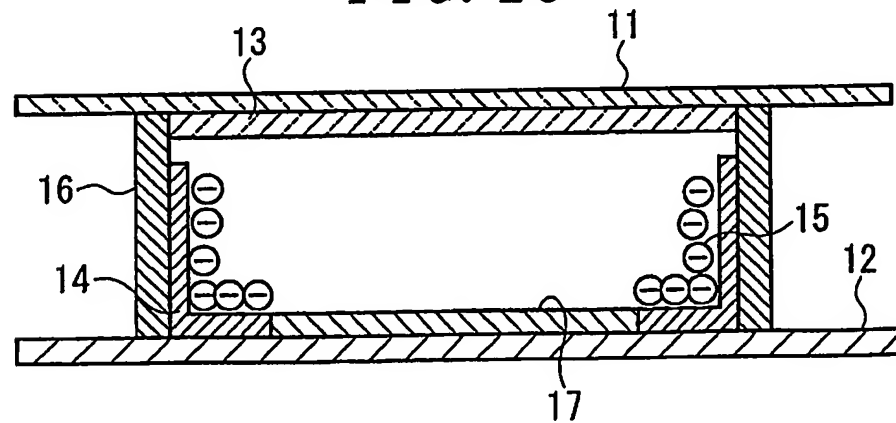




FIG. 3a

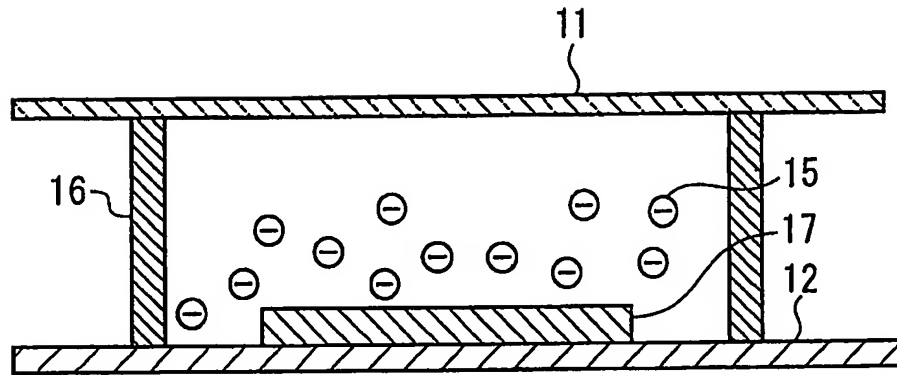


FIG. 3b

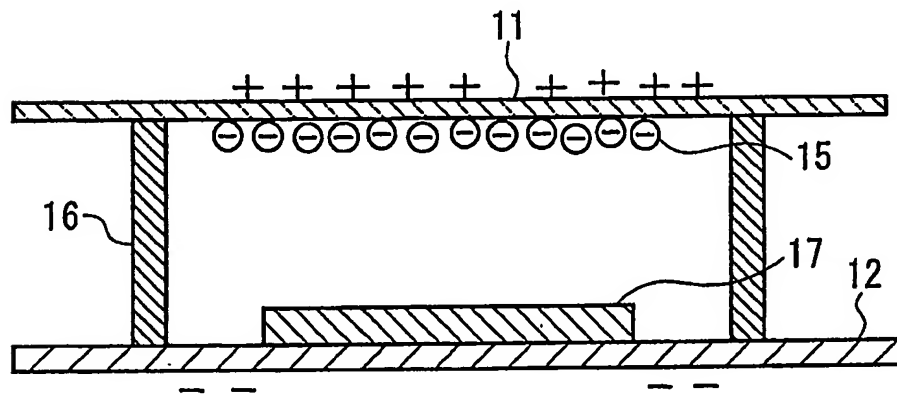


FIG. 3c

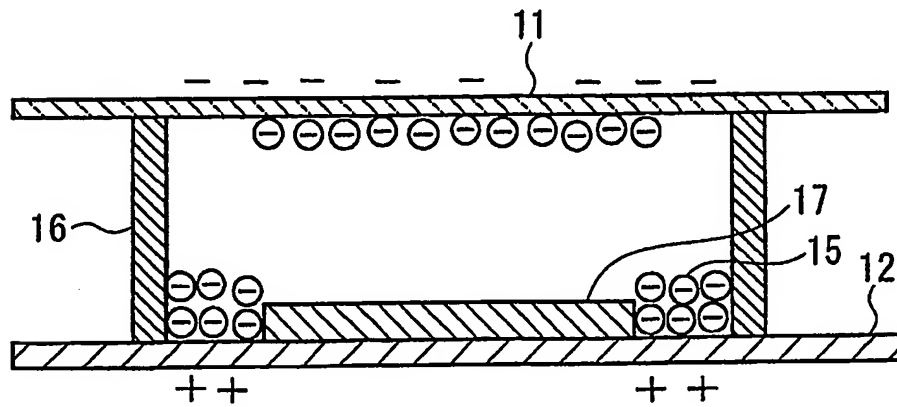


FIG. 4a

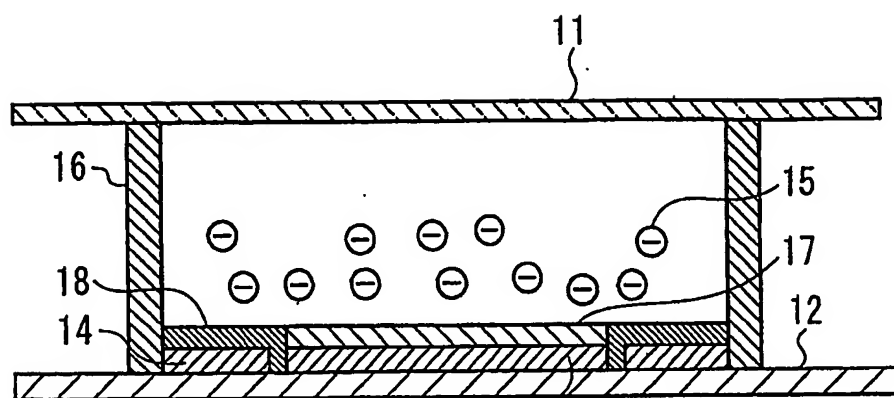


FIG. 4b

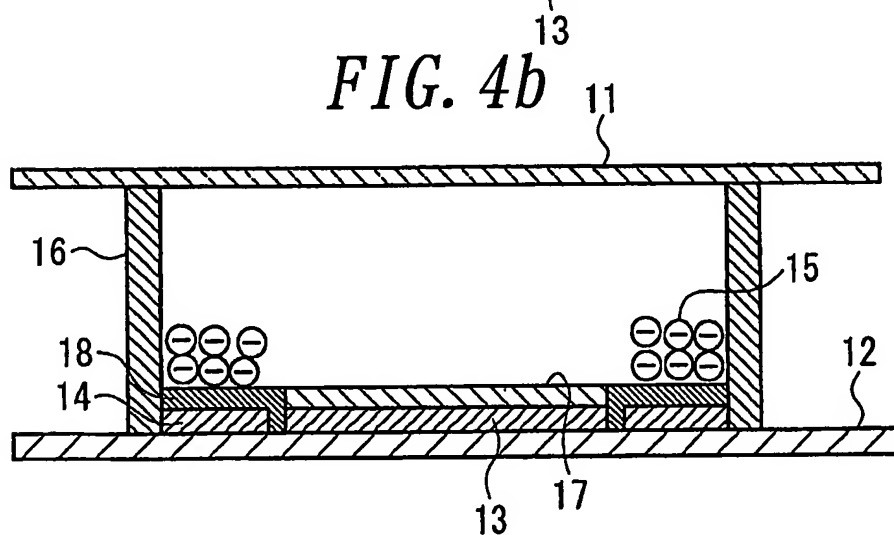


FIG. 4c

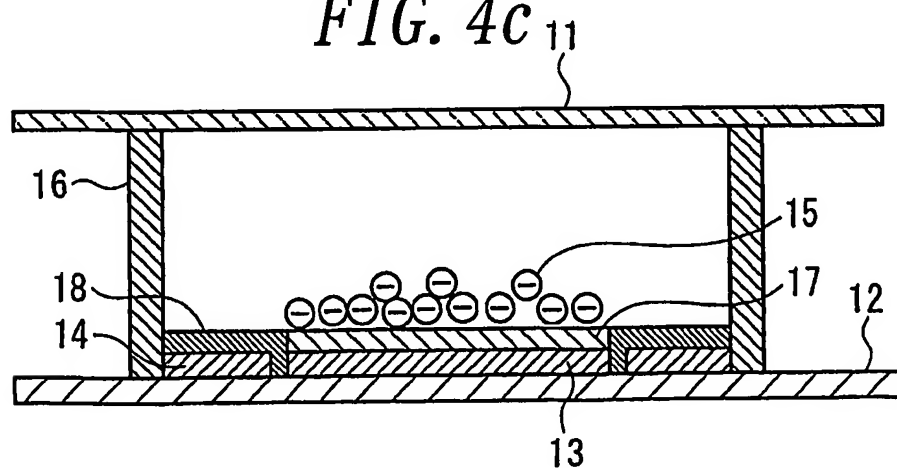


FIG. 5a

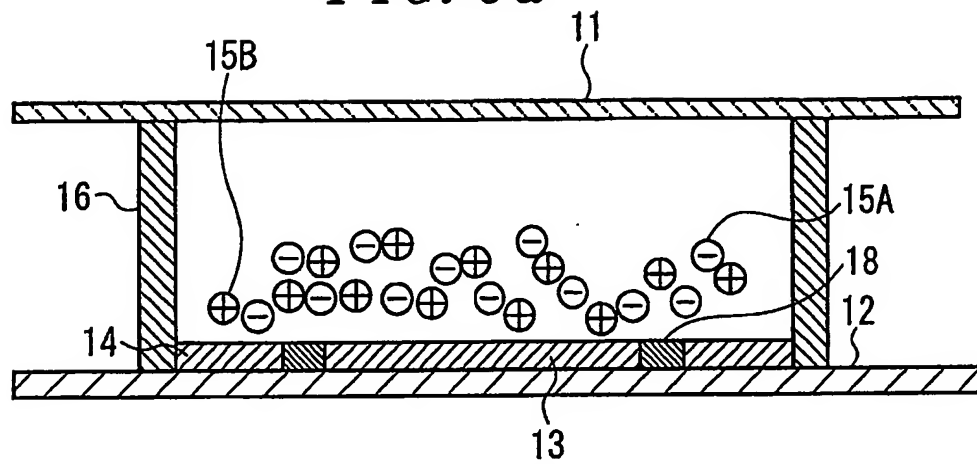


FIG. 5b

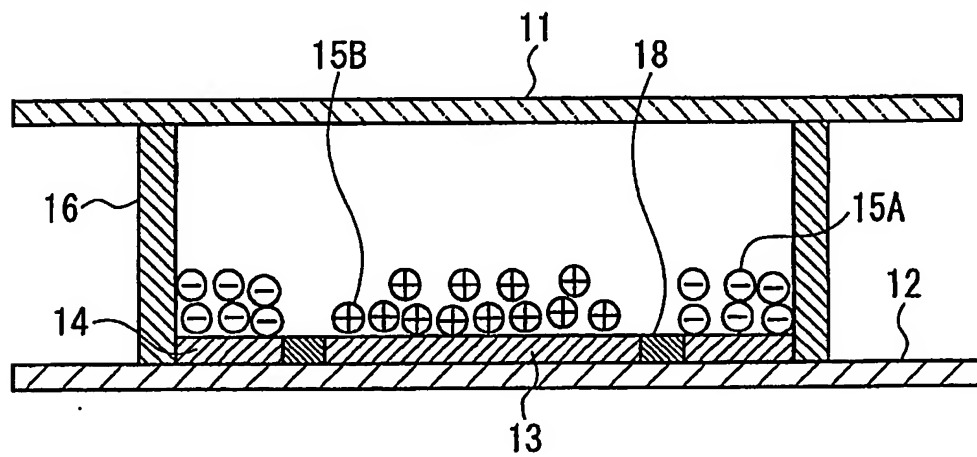


FIG. 5c

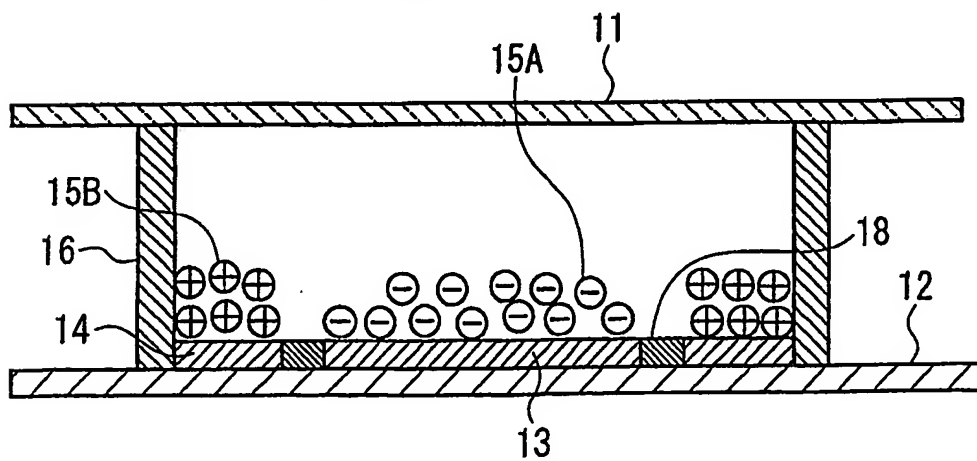


FIG. 6a

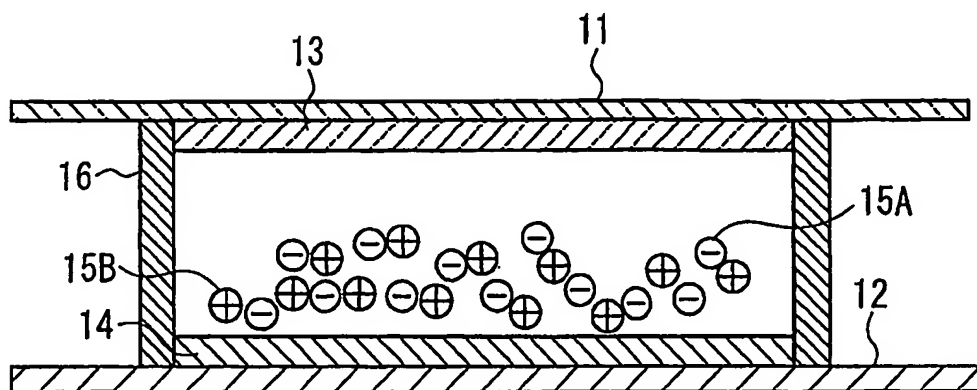


FIG. 6b

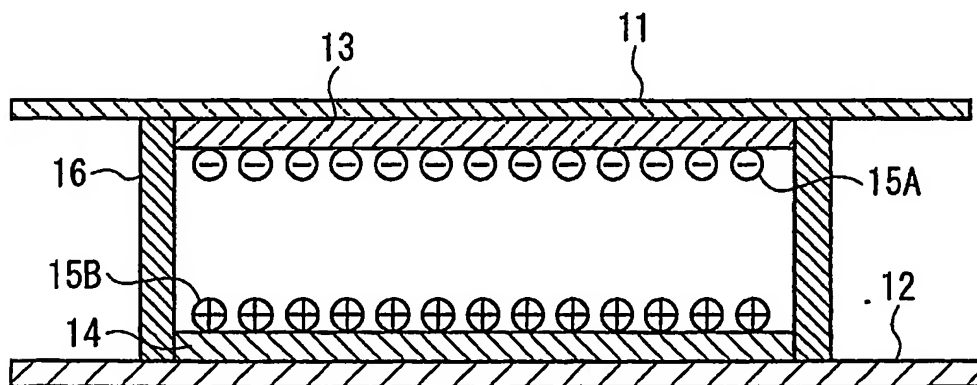


FIG. 6c

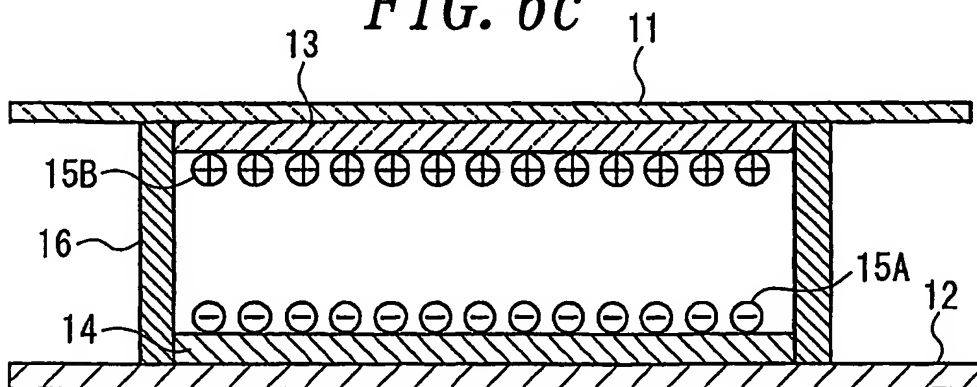


FIG. 7

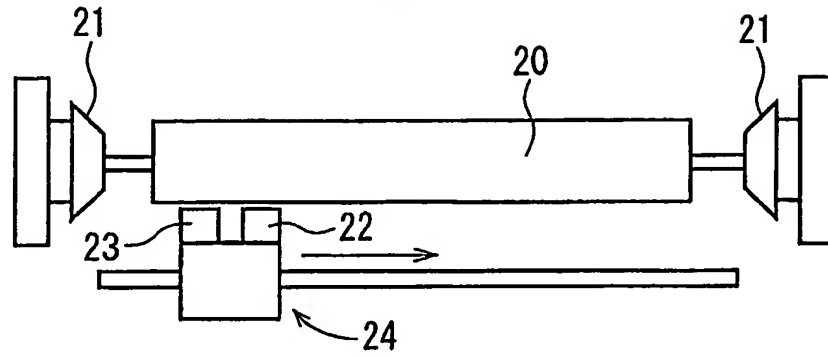


FIG. 8

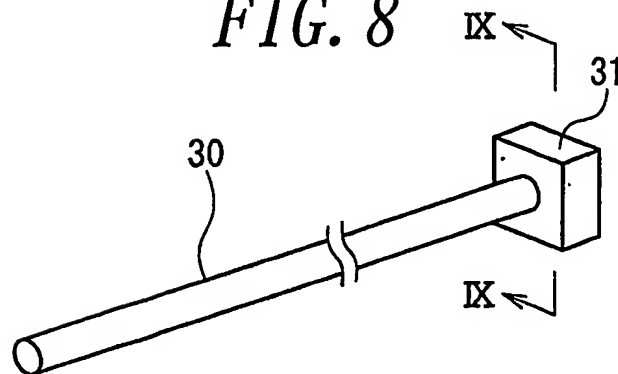


FIG. 9

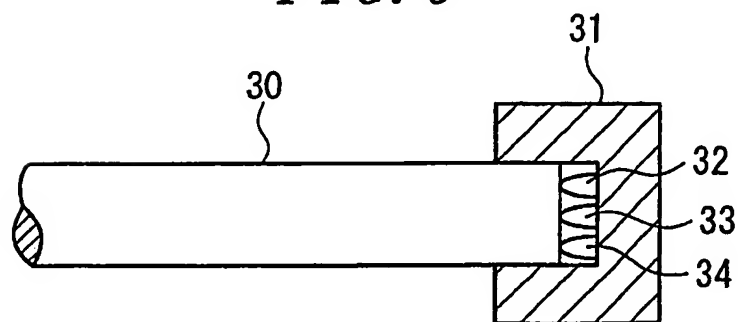


FIG. 10

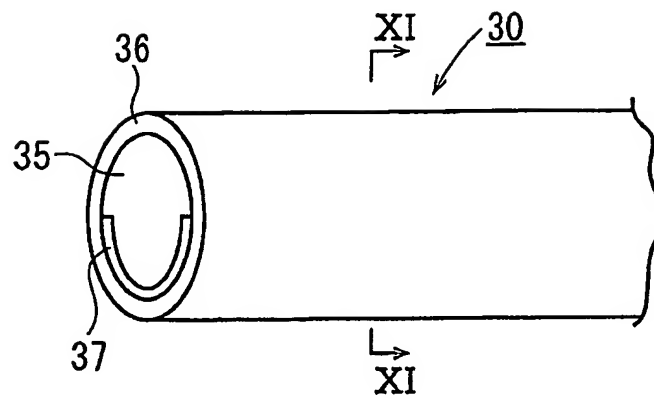


FIG. 11

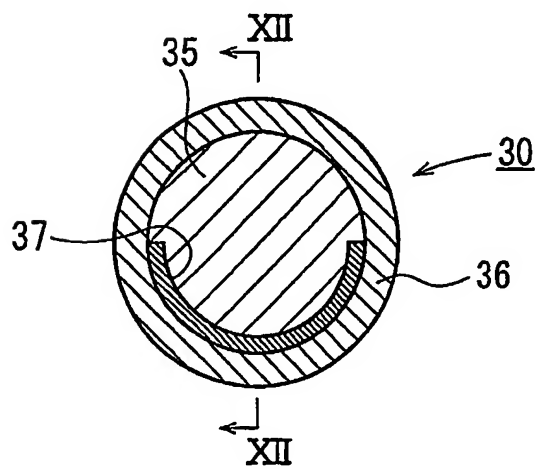


FIG. 12

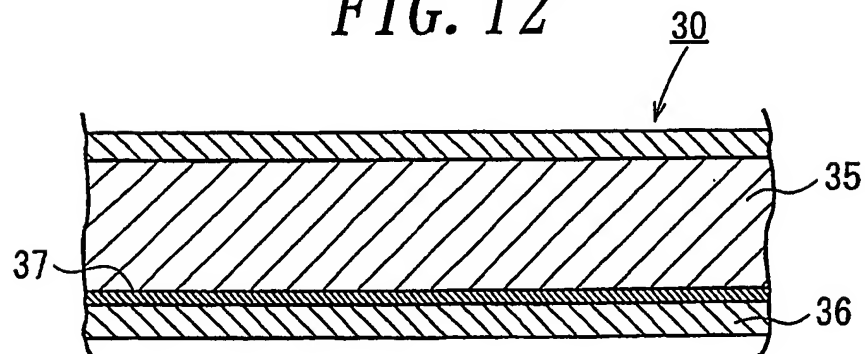


FIG. 13

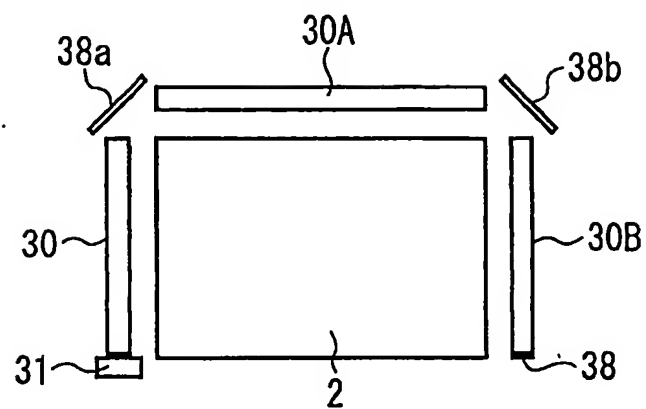


FIG. 14

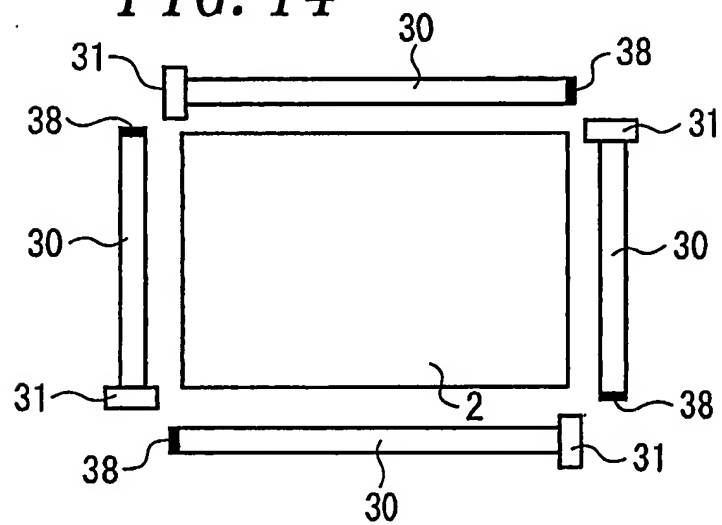


FIG. 15

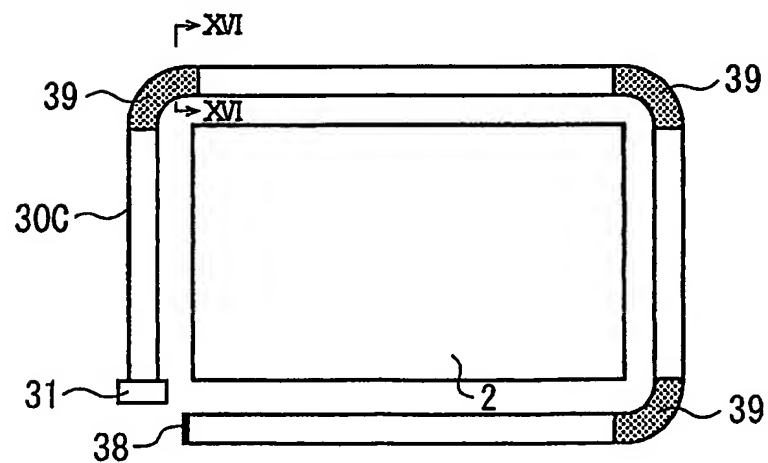


FIG. 16

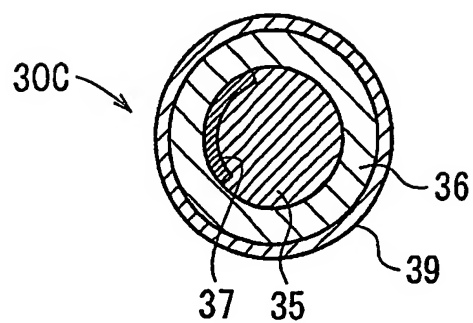


FIG. 17

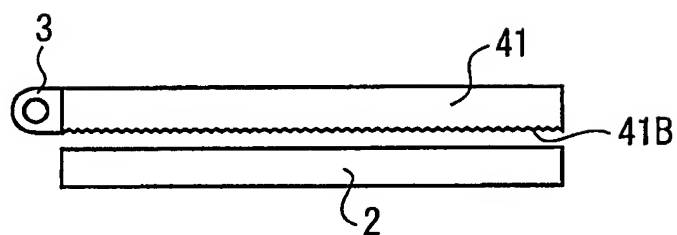


FIG. 18

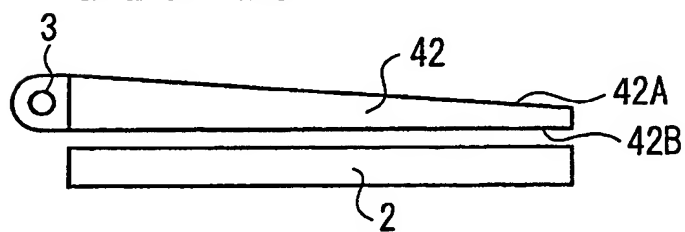


FIG. 19

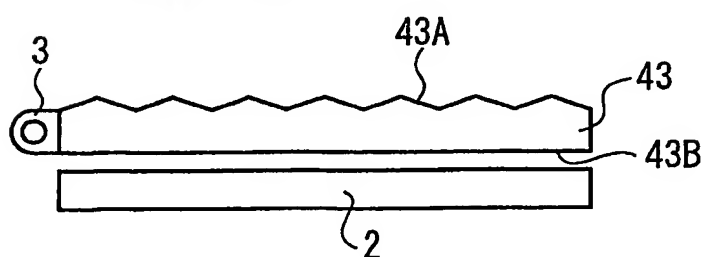




FIG. 20

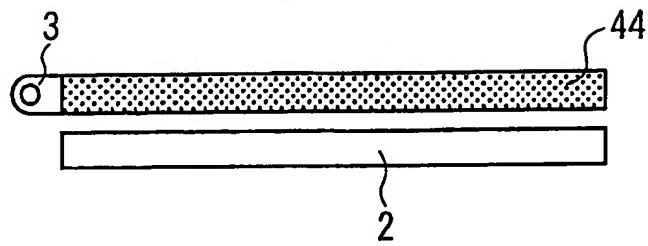


FIG. 21

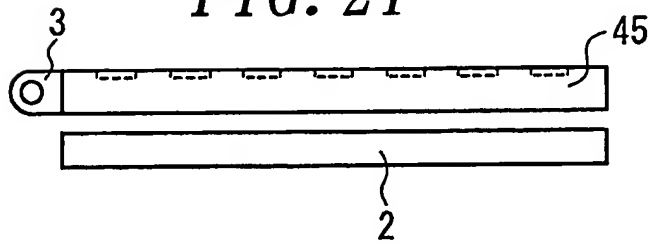
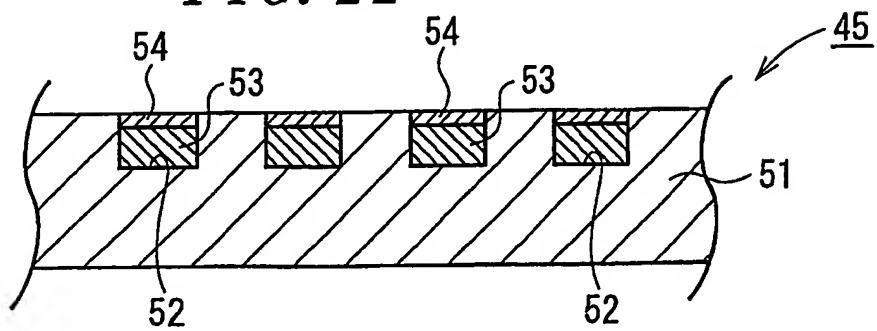
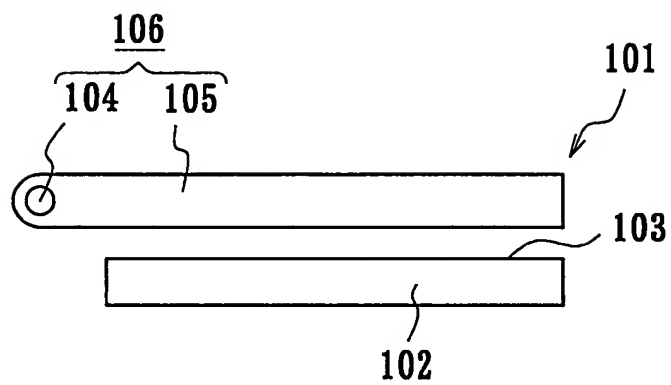


FIG. 22



*FIG. 23a*



*FIG. 23b*

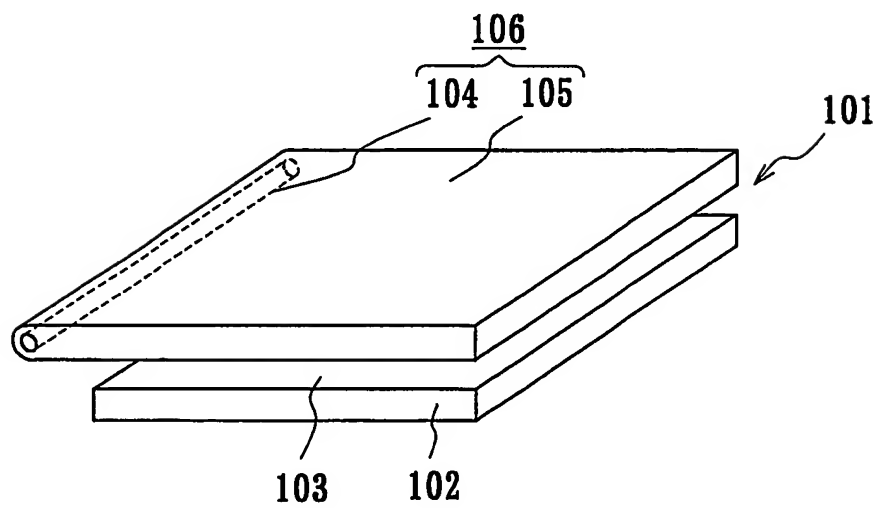


FIG. 24

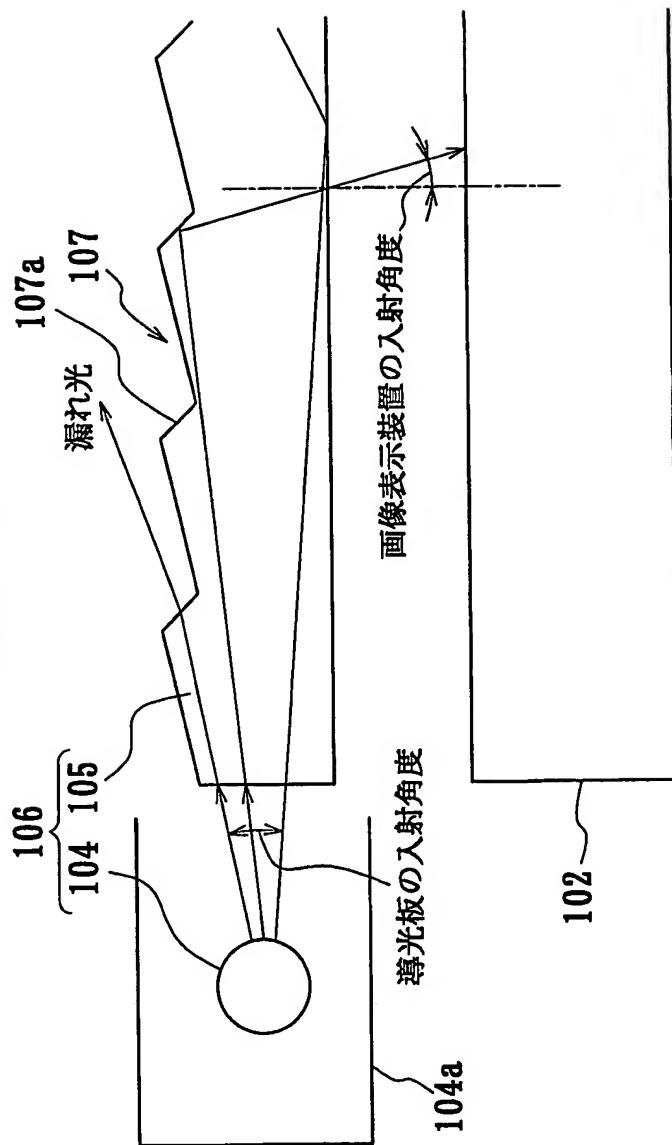


FIG. 25

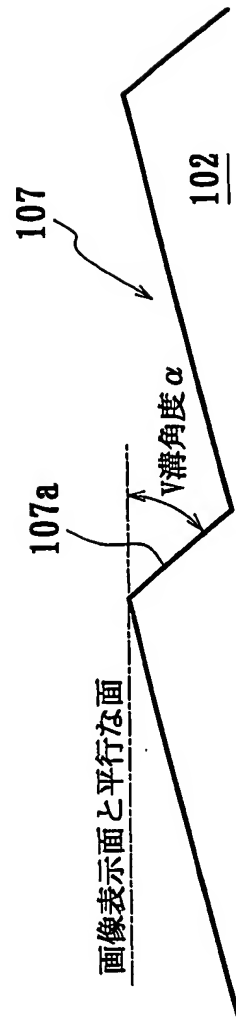


FIG. 26

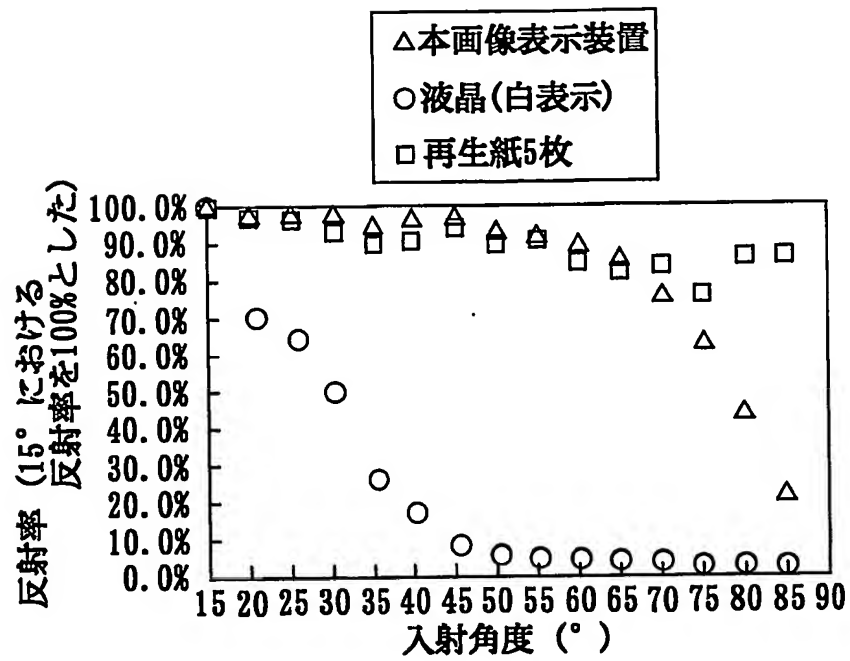


FIG. 27

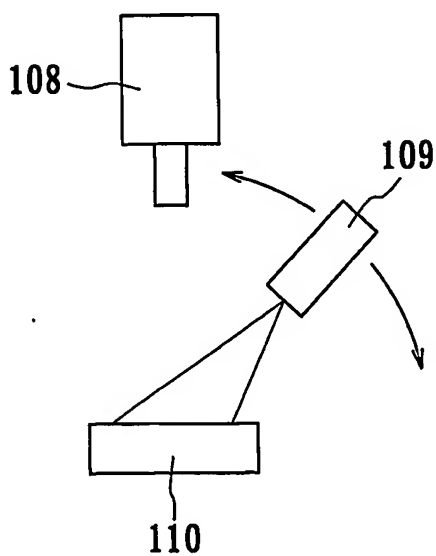


FIG. 28

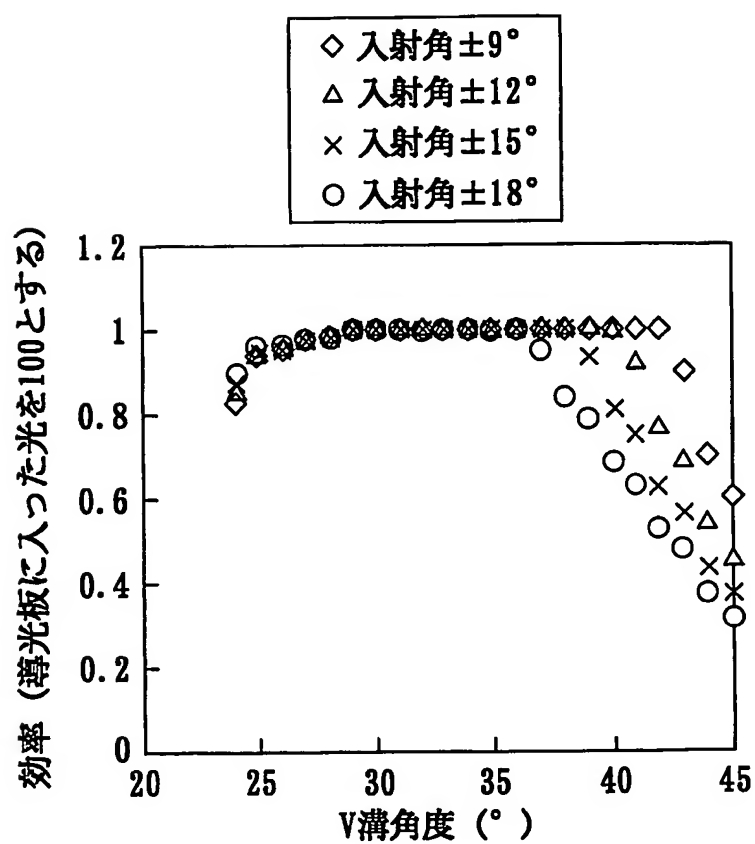


FIG. 29

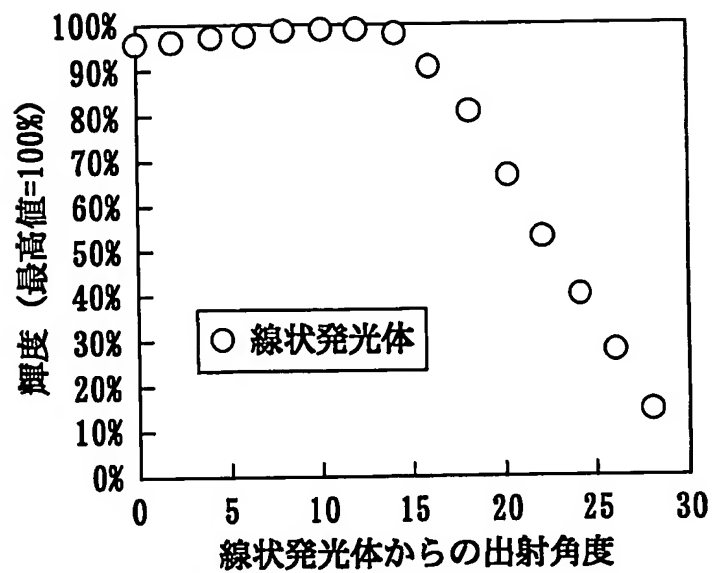


FIG. 30

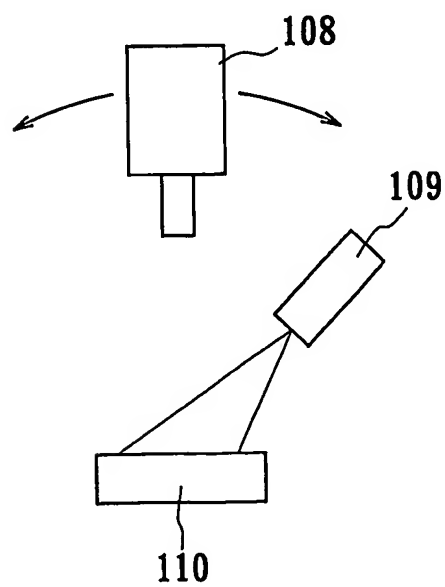
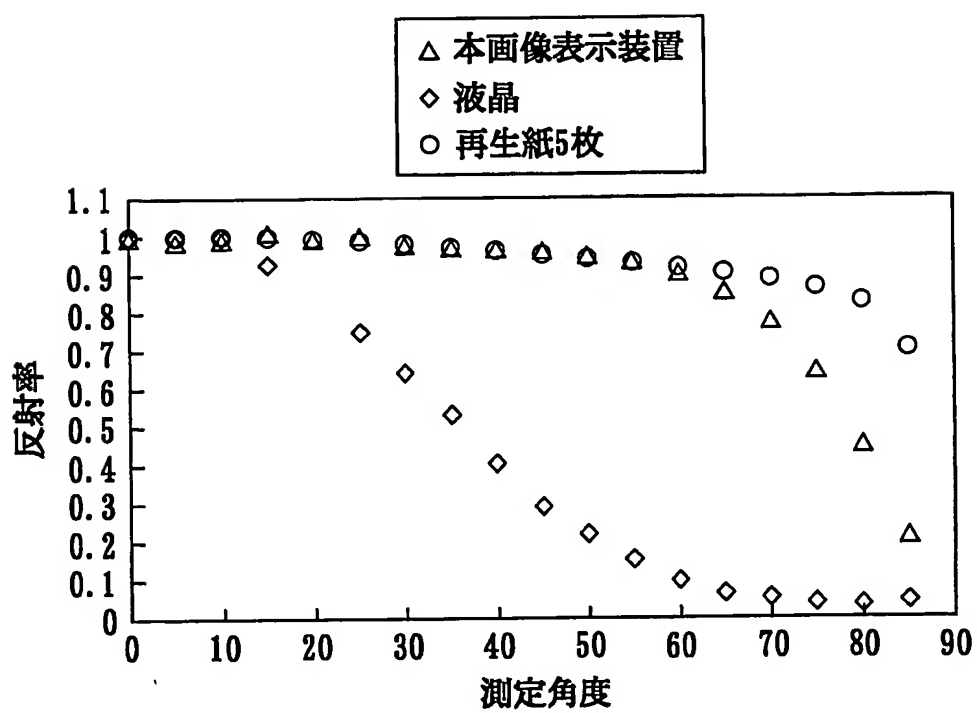
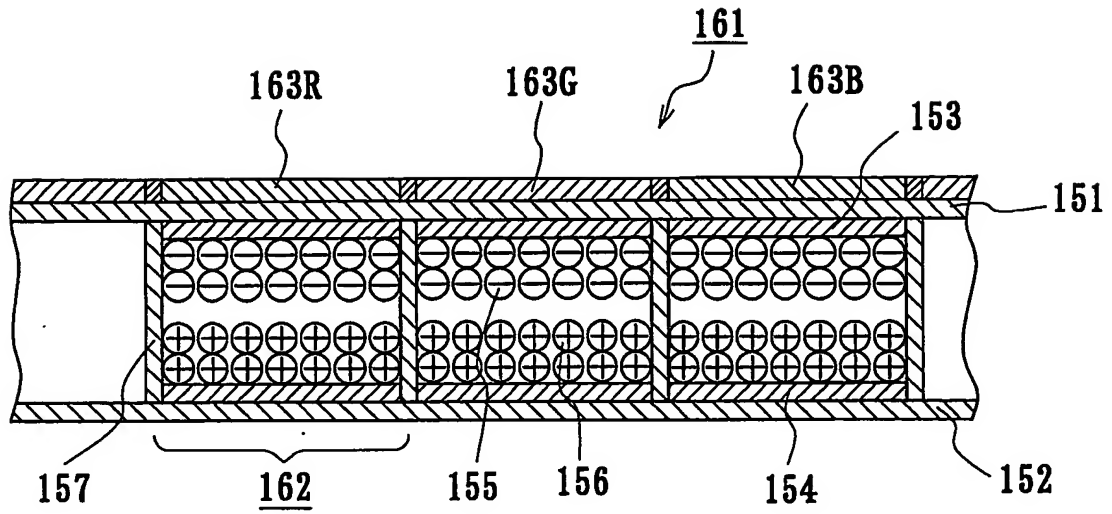


FIG. 31

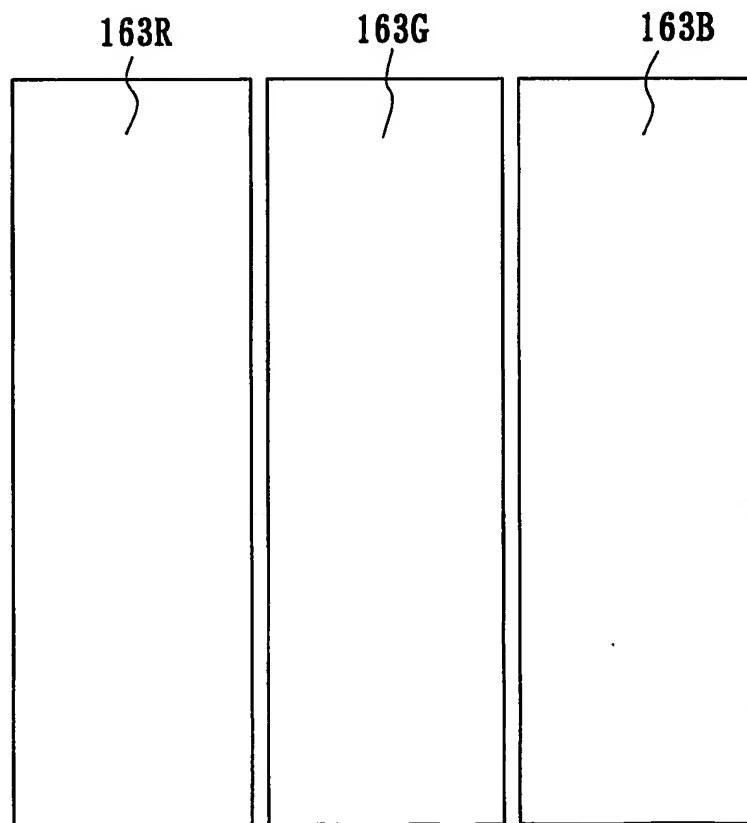




*FIG. 32a*



*FIG. 32b*



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09025

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/17, G09F9/00, G09F9/37

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/17, G09F9/00, G09F9/37

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
JSTPuls (JOIS)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/50976 A1 (FUJI XEROX CO., LTD.), 02 May, 2002 (02.05.02), Full text; all drawings & JP 2002-139750 A	1, 3-6, 8, 10, 11, 13-15, 18-20, 23, 26
X	JP 2002-169191 A (FUJI XEROX CO., LTD.), 14 June, 2002 (14.06.02),	1, 2, 18-20, 23, 16
Y	Par. Nos. [0142] to [0151] (Family: none)	7
Y	JP 2000-171839 A (Canon Inc.), 23 June, 2000 (23.06.00), Full text; all drawings (Family: none)	7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
16 October, 2003 (16.10.03)

Date of mailing of the international search report  
28 October, 2003 (28.10.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09025

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E, X	JP 2002-311461 A (Sharp Corp.), 23 October, 2002 (23.10.02), Par. No. [0027]; Fig. 3 (Family: none)	7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09025

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:

because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:

because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:

because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

(See extra sheet.)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.: 1-8, 10, 11, 13-15, 18-20, 23, 26

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No. II of continuation of first sheet (1)

The technique feature common to claims 1-26 is to provide an image display panel for displaying an image by moving particles. The technique feature common to claims 1-18 is to provide illuminating means for illuminating an image display surface with light. The technique feature common to claims 19-22 is to provide a color filter.

However, the international search has revealed that these technical features are not novel since they are disclosed in documents US 2002/50976 A1 (FUJI XEROX CO., LTD.), 2 May, 2002 (02.05.02) or JP 2002-169191 A (FUJI XEROX CO., LTD.), 14 June, 2002 (14.06.02). Consequently, the common features are not special technical features within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, since they make no contribution over the prior art. Therefore, there is no feature common to all the claims.

There are following technique features in the inventions of claims 1-18.

The technical feature of claim 7 is to provide first and second electrodes on the image display surface and the back surface, respectively.

The technical feature of claim 9 is that a space is in a reduced-pressure state.

The technical feature of claim 12 is that a light guide plate has dispersed reflective layers or a linear reflective layer and a dark color layer provided on the viewed surface of the reflective layer.

The technical feature of claim 16 is that image display means and illuminating means are flexible.

The technical feature of claim 17 is that image display surfaces are provided on both sides.

There are following technique features in the inventions of claims 19-26.

The technical feature common to claims 21, 22 relates to the particle surface charge density or surface potential.

The technical feature common to claims 24, 25 is the apparent volume of a powdery fluid.

Therefore the inventions of claims 1-8, 10, 11, 13-15, 18-20, 23, 26 are prior arts or involve a technical feature that first and second electrodes are provided on the image display surface and the back surface, respectively. Consequently, the claims, claim 9, claim 12, claim 16, claim 17, claims 21, 22, and claims 24, 25 do not satisfy the requirement of unity of invention.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/17 G09F9/00 G09F9/37

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/17 G09F9/00 G09F9/37

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2003年

日本国登録実用新案公報 1994-2003年

日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JSTPuls (JOIS)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	US 2002/50976 A1 (FUJI XEROX CO., LTD., ) 2002. 05. 02, 全文, 全図 & JP 2002-139750 A	1, 3-6, 8, 10, 11, 13-15, 18-20, 23, 26
X	JP 2002-169191 A (富士ゼロックス株式会社) 2002. 06. 14, 第142-151段落	1, 2, 18-20, 23, 26
Y	(ファミリーなし)	7
Y	JP 2000-171839 A (キヤノン株式会社) 2000. 06. 23, 全文, 全図 (ファミリーなし)	7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

16. 10. 03

国際調査報告の発送日

28.10.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三橋 健二

2X

9412

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所を表示	関連する 請求の範囲の番号
EX	JP 2002-311461 A (シャープ株式会社) 2002. 10. 23, 第27段落, 図3 (ファミリーなし)	7

## 第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a)) の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 \_\_\_\_\_ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

## 第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

## 特別ページ参照

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

請求の範囲 1-8, 10, 11, 13-15, 18-20, 23, 26

## 追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。



請求の範囲1-26に共通な事項は、粒子を移動させて画像を表示する画像表示板を具備することである。また、請求の範囲1-18に共通な事項は、画像表示面に対して光を照射する照射手段を具えることであり、請求の範囲19-22に共通な事項は、カラーフィルタを設けることである。

しかしながら、調査の結果、前記共通の事項はいずれも文献US 2002/50976 A1 (FUJI XEROX CO., LTD.,) 2002.05.02、または、文献JP 2002-169191 A (富士ゼロックス株式会社) 2002.06.14に開示されているから、新規でないことが明らかとなった。その結果、前記共通な事項はいずれも先行技術の域を出ないから、PCT規則13.2の第2文の意味において、前記共通の事項は特別な技術的事項ではない。それ故、請求の範囲全てに共通の事項は無い。

また、請求の範囲1-18のうち、技術的特徴としては以下のものが有る。

請求の範囲7においては、画像表示面と反対側に第1の電極と第2の電極の双方がそれぞれ設けられていることである。

請求の範囲9においては、空間内が減圧状態となっていることである。

請求の範囲12においては、導光板が、基体に設けられた散点状又は線状の反射層と該反射層の視方向面に設けられた暗色層を有することである。

請求の範囲16においては、画像表示手段及び照射手段が柔軟性を有することである。

請求の範囲17においては、両面に画像表示面を有することである。

さらに、請求の範囲19-26のうち、技術的特徴としては以下のものが有る。

請求の範囲21、22においては、粒子の表面電荷密度あるいは表面電位の最大値に関することである。

請求の範囲24、25においては、粉流体のみかけの体積に関することである。

したがって、請求の範囲1-8、10、11、13-15、18-20、23、26は、従来技術であるかまたは画像表示面と反対側に第1の電極と第2の電極の双方がそれぞれ設けられていることに特徴を有するものであり、これらと、請求の範囲9、請求の範囲12、請求の範囲16、請求の範囲17、請求の範囲21および22、請求の範囲24および25は、単一性の要件を満たさない。